

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO

CARRERA:
INGENIERÍA AMBIENTAL

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de:
INGENIERO E INGENIERA AMBIENTALES

TEMA:
CUANTIFICACIÓN DEL SERVICIO ECOSISTÉMICO DE
ALMACENAMIENTO DE CARBONO EN EL SUELO DE LOS ECOSISTEMAS
BOSQUE SIEMPRE- VERDE DE TIERRAS BAJAS, BOSQUE SIEMPRE-
VERDE DE PIE DE MONTE Y BOSQUE SIEMPRE-VERDE ANDINO
MONTANO BAJO DE LA PROVINCIA DEL NAPO

AUTORES:
JUAN FRANCISCO MORALES ARTEAGA
VANESSA CRISTINA SERRANO NEIRA

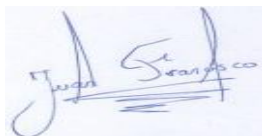
TUTOR:
BENCE MÁTYÁS GYÖRGY

Quito, febrero del 2019

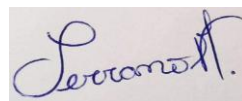
CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Nosotros, Juan Francisco Morales Arteaga, con documento de identificación N.º 1723037931, y Vanessa Cristina Serrano Neira, con documento de identificación N.º 1723430623, manifestamos nuestra voluntad y cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del trabajo de titulación intitulado: CUANTIFICACIÓN DEL SERVICIO ECOSISTÉMICO DE ALMACENAMIENTO DE CARBONO EN EL SUELO DE LOS ECOSISTEMAS BOSQUE SIEMPRE- VERDE DE TIERRAS BAJAS, BOSQUE SIEMPRE-VERDE DE PIE DE MONTE Y BOSQUE SIEMPRE-VERDE ANDINO MONTANO BAJO DE LA PROVINCIA DEL NAPO, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de INGENIERO E INGENIERA AMBIENTALES en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en nuestra condición de autores nos reservamos los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.



.....
Juan Francisco Morales Arteaga
1723037931




.....
Vanessa Cristina Serrano Neira
1723430623

Fecha: Febrero, 2019

DECLARATORIA DE COAUTORÍA DEL DOCENTE TUTOR/A

Yo declaro que bajo mi dirección y asesoría fue desarrollado el Trabajo Experimental, CUANTIFICACIÓN DEL SERVICIO ECOSISTÉMICO DE ALMACENAMIENTO DE CARBONO EN EL SUELO DE LOS ECOSISTEMAS BOSQUE SIEMPRE- VERDE DE TIERRAS BAJAS, BOSQUE SIEMPRE-VERDE DE PIE DE MONTE Y BOSQUE SIEMPRE-VERDE ANDINO MONTANO BAJO DE LA PROVINCIA DEL NAPO, realizado por Juan Francisco Morales Arteaga y Vanessa Cristina Serrano Neira, obteniendo un producto que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana, para ser considerados como trabajo final de titulación.

Quito, febrero 2019



BENCE MÁTYÁS GYÖRGY
175805791-1

DEDICATORIA

Quiero dedicar este trabajo en primer lugar a Dios por haberme permitido estudiar esta carrera que tanto me apasiona en mi querido país.

También quiero dedicar a mí amada familia: Mi madre, mi padre y mis hermanos que siempre han estado conmigo en los momentos felices de la vida y así también como en las situaciones difíciles. Siempre me han ayudado a seguir adelante. En verdad los quiero muchísimo.

Un párrafo especial va para mis queridos tutores Bence Mátyás y Gabriela Bautista; quienes nos demostraron que las claves para ser grandes científicos son la humildad, dedicación y esfuerzo. En verdad quedo eternamente agradecido por todo el apoyo, motivación y exigencia. Aparte de haber sido nuestros tutores; fueron mis grandes maestros de vida; siempre me enseñaron a pensar en grande; y eso siempre lo haré.

Este trabajo no hubiera sido posible sin mis amigos y amigas del alma, para quienes también va dedicado mi esfuerzo: Ronald Correa, Samantha Macarena, Michael Avecillas, Marcela Cevallos, Madison Herrera, Maritza Chiluisa y Sabrina; con quienes hemos tenido tantas experiencias de representación de nuestro país a nivel nacional e internacional. En verdad amigos y amigas son lo máximo; hemos pasado tantas experiencias con todos Uds. en Medellín, Guayaquil, Colonia, Bonn, Melbourne, entre otros. Hemos luchado siempre por ser cada día mejores y poco a poco lo seguiremos haciendo. También va la dedicación para mi querida compañera de tesis Vanessa; hemos demostrado que con una gran amistad se puede hacer grandes trabajos que aporten a la ciencia.

Dedico el trabajo a mis grandes amigas y amigos que han formado parte de mi crecimiento; agradezco a Daniel, Agustín, Mateo; Nastya, Simona, Paco, Branwen Peddi, Joaquin Rivas, William Boniche, Dennys Lizama, Anne-marie Dzinoreva, Mihaela Krznar, Josipa Arapović Ohemaa, Bora, Ruth, Luis, Ён Ягop, Cle Ophea, 程煒倫, Lucas, Ilias, Dimitris, Pošteš, entre otros con quienes hemos compartido experiencias Internacionales de aprendizaje, conocimiento y hermandad.

Destaco también el gran apoyo que he recibido de parte de nuestra querida Universidad Politécnica Salesiana y de todos sus docentes de la cátedra de Ingeniería Ambiental, quienes con paciencia supieron guiarnos por el camino del bien.

Resalto la gran labor ejercida y su compromiso por motivar a los alumnos en el tema de emprendimiento e investigación a nuestro querido Vicerrector el PhD José Juncosa; quien siempre ha buscado apoyar al estudiantado en la búsqueda de la excelencia académica y humana con el apoyo de nuestra directora de carrera la Dra. Karina Pazmiño quien siempre supo confiar en nosotros, nos apoyó con ahínco a la realización de proyectos y esta tesis es resultado fruto de su apoyo incondicional.

También dedico este trabajo de todo corazón a la gran familia IAAS (Asociación Internacional de Estudiantes en Agricultura y Ciencias Relacionadas) que la considero mi segundo hogar internacional. Gracias por todo lo aprendido en las grandes experiencias en los diferentes congresos a nivel mundial. He conocido a grandes amigas y amigos a quienes siempre los llevo presentes.

Quiero dedicar mi trabajo al Grupo de Investigación en Ecología y Recursos Naturales GIERENA; a todo el equipo: PhD Carlos Jumbo, Msc. Diana García, Msc. Freddy Cuarán y Msc. Fabián Berzosa; quienes me abrieron la puerta para trabajar en este

destacado grupo de investigación. Gracias por todo el conocimiento que he aprendido de Uds.

Una de las experiencias más motivadoras que he tenido en mi vida ha sido ser partícipe de los Modelos de Cambio Climático en la Universidad San Francisco de Quito; los cuales me han permitido conocer grandes personas como Andrés González de la USFQ, Anita Robles y Philip de la Fundación Hanns Seidel a quienes dedico mi esfuerzo y dedicación.

Dedico también a unos seres maravillosos que aunque ya no están conmigo, siempre me enseñaron lo bueno de la vida a aprender, ser humilde y creer en la palabra de Dios. Les amo mis abuelitos: María Benigna Betancourt y Juan Luis. Ahora son unos angelitos que cuidan de nuestra familia desde el cielo. Esta dedicatoria va también para mi amada abuelita María Teresa quien siempre confió en mí, me apoyó y me enseñó a ser un hombre de bien, a luchar por conseguir éxitos. Le he admirado siempre mucho mi “abue”. Gracias por siempre estar conmigo apoyándome; este esfuerzo y el éxito se deben a su gran ayuda.

En realidad son muchos amigos y amigas los que han formado parte de mi vida y del desarrollo de la misma a quienes deseo dedicar mi trabajo; además de agradecer por siempre estar conmigo apoyándome cuando lo necesito. Este trabajo va para todos y todas quienes deseen hacer uso de la información que con esfuerzo hemos obtenido. A todos y todas Uds. Muchas gracias

Juan

Deseo dedicar este trabajo en primer lugar a mi Padre Supremo, a mi Señor Jehová; ya que sin Él ningún esfuerzo habría sido suficiente.

A mis padres José y Natividad, quienes me criaron con una disciplina y mano dura que en estos días, ya no se ve. En especial a mi madre, quien me ha guiado, ha sido mi soporte y razón para superarme cada día, gracias madre bella. A mi padre cuyo ejemplo de disciplina y fiereza a la hora de enfrentarse a retos, me ha ayudado a superar con éxito, nuevas experiencias en todos los ámbitos de mi vida.

A mis hermanos José y Julio. A ti José porque me diste la oportunidad de perdonar y ser amigos. A ti Julito porque has sido mi alegría y mi puntal durante mi etapa de niñez, ahora mucho más ya que nos regalaste a todos; no solo a mí, una familia mucho más grande, con hermanas (Anita y Fernanda) que me ayudan y me escuchan cuando tengo dudas o necesito guía; con sabias y maravillosas personas como Don Manuel y Doña Carmita quienes me recibieron en su hogar con tanto cariño como lo hicieron contigo, desde el primer día que los conocí. A mis sobrinas Estefanía, Danna y Martina, quienes con un simple “te amo Vane” me recuerdan, de la manera más dulce, que siguen mis pasos, que caerse está permitido, rendirse jamás; que mi tope, será su base para superarse en la vida.

A mis amigas Lorena, Daniela y Tatoo, quienes con una jalada de oreja, un sabio consejo o con un abrazo que rompe los huesos han sido fuente de ayuda, de un sinnúmero de risas y anécdotas. Gracias por no dejarme rendir, por ser esa maravillosa mujer y amiga que incluso en medio de la tristeza más grande es capaz de brindarme una sonrisa (eres un ser humano increíble, aunque aún no te des cuenta).

A mis chicos de la FEUPS, todos ustedes han dado su granito de arena para hacer de este tiempo compartido un recuerdo inolvidable; si bien me adelanto un poquito, ya pronto todos podremos ser colegas en la vida profesional. Gracias Dey, ya que pusiste retos en mis manos de los cuales no sabía nada sobre cómo lograrlos; sin embargo con el esfuerzo conjunto todo fue posible. Me demostraste que soy capaz de lograr todo lo que se me presente en el camino.

A nuestros increíbles tutores PhD. Bence Mátyás y MSc. Gabriela Bautista; quienes más que simples tutores, nos enseñaron que con las personas correctas, con humildad y trabajo duro todo es posible y que un gran profesional no se refleja en el número de títulos que tiene; sino en su capacidad para incentivar en sus pupilos el deseo de igualarlos y superarlos. Gracias a ustedes, Juan y yo podemos decir que nos graduamos con dos artículos científicos publicados en revistas internacionales. Gracias a ustedes siento con mayor fuerza el deseo de superarme y explotar todo mi potencial, de probar mis capacidades en un ambiente desconocido. Gracias Juan, ya que sin ti este trabajo no habría sido posible.

No deseo dejar fuera de esta dedicatoria al Sr. Vicerrector PhD José Juncosa quien siempre estuvo presto a brindar escucha y ayuda, cada vez que como Representante estudiantil necesite de él. De la misma manera es necesario agradecer la ayuda que la Dra. Karina Pazmiño Directora de la Carrera de Ingeniería Ambiental, ha sabido brindar en las diferentes actividades y necesidades que el cuerpo estudiantil ha expresado, a lo largo del año y medio, en el que he trabajado como Representante Estudiantil.

He pasado 5 años dentro de la Carrera de Ingeniería Ambiental, y con orgullo puedo decir que salgo de sus aulas formada como una profesional, nada de ello habría sido posible sin cada uno de los docentes que a lo largo de los semestres han sabido

brindarme su sabiduría y apoyo. Me llevo en la memoria y en mis conocimientos el recuerdo de cada uno de ellos y el agradecimiento por cada clase brindada. Por ello les dedico este pequeño trabajo, como prueba de que no han arado en el mar.

Cómo no dedicarte unas palabras a ti, tú que has estado a mi lado, ayudándome y aconsejándome acerca de este trabajo; tú que me has urgido siempre por terminarlo pronto con el fin de seguir a delante con nuestros sueños en común; tú que mientras escribo estas palabras estás a mi lado, acompañándome, inspirándolas. Llegaste sin ser esperado y solo por bendición de Dios, gracias por tu paciencia, por tu amor, tu alegría y compañía; me enseñaste que la sonrisa es también una armadura, y que gracias a ella logras formar amistades. A tu lado he madurado como ser humano, académicamente y en temas de liderazgo; y si es la voluntad de Dios, nuestros días juntos están solo iniciando.

Por último deseo dedicar este trabajo a la memoria de mi abuelita Filomena Sayo Pacheco, quien hasta el último momento de su vida me repitió una y otra vez que no dejara de estudiar, que consiguiera mi título universitario y que esa fuera solo la base de mi vida profesional. Hoy con una silenciosa plegaria puedo decirle que, al menos la primera etapa está cumplida.

Vanessa

AGRADECIMIENTO

Queremos agradecer en primer lugar a Dios por ser nuestra guía y aportarnos con salud, sabiduría, paciencia, felicidad y pasión para el desarrollo de este trabajo de investigación.

También agradecemos a nuestras queridas familias que han sido pilar fundamental para el desarrollo de esta investigación. Así también a la Universidad Estatal Amazónica IKIAM por habernos permitido trabajar en el proyecto macro y dar nuestro aporte a la comunidad científica.

Un agradecimiento especial a la Universidad Politécnica Salesiana, Carrera de Ingeniería Ambiental por habernos formado como buenos ciudadanos y excelentes cristianos con nuestros queridos docentes a quienes también queremos expresar nuestro más sincero agradecimiento de manera muy especial y enfatizando su gran apoyo recibido por parte del PhD Bence Mátyás quien junto a la MSc. Gabriela Bautista dieron todo lo mejor de sí para nosotros, además del apoyo recibido por el PhD Lenín Ramírez. En verdad estamos infinitamente agradecidos por todos los conocimientos aprendidos y su motivación para realizar publicaciones científicas que a su vez se lograron realizar en algunas de las mejores revistas internacionales.

Juan y Vanessa

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1. INTRODUCCIÓN	1
2. OBJETIVOS	5
2.1 Objetivo general	5
2.2 Objetivos específicos	5
3. MARCO TEÓRICO	6
3.1 Amazonía Ecuatoriana	6
3.2 Problemática ambiental	6
3.3 Importancia del suelo en la naturaleza	7
3.4 Parámetros físicos y químicos del suelo	7
3.4.1 pH y conductividad eléctrica en el suelo	7
3.4.2 Nitrógeno en el suelo.	8
3.4.3 Fósforo en el suelo.	9
3.4.4 Textura del suelo.	9
3.4.5 Acumulación de carbono en el suelo.	11
3.4.6 Importancia del Carbono en la Naturaleza.	11
3.4.7 Ciclo del Carbono.	12
3.4.8 Carbono y cambio climático.	13
3.4.9 Hierro en el suelo.	14

3.4.10	Alófanos.	14
3.5	Suelos amazónicos.....	14
3.6	Descripción del área de estudio	15
3.6.1	Problemática ambiental sobre el suelo en el área de estudio.	15
3.6.2	Textura del suelo en el área de estudio.	16
3.6.3	Características de los suelos en la zona de estudio.	17
3.6.4	Uso y cobertura de suelo.	17
3.6.5	Clima.	18
3.6.6	Humedad Relativa.....	19
3.6.7	Distribución forestal en la zona de Muyuna.	20
4.	MATERIALES Y MÉTODOS	22
4.1	Área de estudio	22
4.1.1	Metodología de muestreo de suelo.....	25
4.2	Materiales y equipos	26
4.3	Metodologías	29
4.3.1	Determinación de porcentaje de Humedad.	29
4.3.2	Determinación de pH y Conductividad.....	30
4.3.3	Determinación de Textura.....	31
4.3.4	Acidez intercambiable.....	32
4.3.5	Hierro.	33

4.3.6 Fósforo (P).	34
4.3.7 Alófanos.	37
4.3.8 Nitrógeno total.	38
4.3.9 Materia Orgánica.	41
4.3.10 Análisis estadístico.	43
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.	44
5.1 Carbono orgánico.	44
5.2 Materia Orgánica	44
5.3 Humedad.	46
5.4 pH y Conductividad	48
5.5 Textura.	53
5.6 Acidez intercambiable $Al^+ H$	55
5.7 Hierro	57
5.8 Fósforo	65
5.9 Alófanos.	69
5.10 Nitrógeno Total.	77
5.10.1 Carbono Orgánica-Nitrógeno.	77
5.10.2 Nitrógeno Total.	80
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	82
6.1 Conclusiones.	82

6.2	Recomendaciones	84
7.	BIBLIOGRAFÍA.....	85
8.	ANEXOS.....	93
	Anexo 1. pH y conductividad con agua destilada del Bosque Siempre-Verde de Tierras Bajas (datos brutos)	93
	Anexo 2. pH con KCl del Bosque Siempre-Verde de Tierras Bajas (datos brutos) ...	93
	Anexo 3. pH y conductividad con agua destilada del Bosque Siempre-Verde de Pie de Monte (datos brutos)	94
	Anexo 4. pH y conductividad con agua destilada del Bosque Siempre-Verde de Pie de Monte (datos brutos)	96
	Anexo 5. pH con KCl del Bosque Siempre-Verde de Pie de Monte (datos brutos) ...	97
	Anexo 6. pH y conductividad con agua destilada del Bosque Siempre-Verde Andino Montano Bajo (datos brutos).....	98
	Anexo 7. pH con KCl del Bosque Siempre-Verde Andino Montano Bajo (datos brutos)	99
	Anexo 8. Bosque Siempre-Verde Andino Montano Bajo textura todas las muestras	100
	Anexo 9. Bosque Siempre-Verde Andino Montano Bajo textura muestra P1 10 COR (arena fina)	100
	Anexo 10. Bosque Siempre-Verde Andino Montano Bajo textura muestra P1 20 COR (arena fina arcillosa).....	101

Anexo 11. Bosque Siempre-Verde Andino Montano Bajo textura muestra P1 30 COR	
(arena fina)	101
Anexo 12. Bosque Siempre-Verde Andino Montano Bajo textura muestra P2 10 COR	
(arena fina)	102
Anexo 13. Bosque Siempre-Verde Andino Montano Bajo textura muestra P2 20 COR	
(arena fina)	102
Anexo 14. Bosque Siempre-Verde Andino Montano Bajo textura muestra P2 30 COR	
(arena fina)	103
Anexo 15. Bosque Siempre-Verde Andino Montano Bajo textura muestra P3 10 COR	
(arena fina)	103
Anexo 16. Bosque Siempre-Verde Andino Montano Bajo textura muestra P3 20 COR	
(arena fina arcillosa).....	104
Anexo 17. Bosque Siempre-Verde Andino Montano Bajo textura muestra P3 30 COR	
(arena fina arcillosa).....	104
Anexo 18. Bosque Siempre-Verde de Tierras Bajas textura de todas las muestras..	105
Anexo 19. Bosque Siempre-Verde de Pie de Monte textura de todas las muestras..	105
Anexo 20. Bosque Siempre-Verde de Pie de Monte textura muestra P1 10 COR	
(arena fina)	106
Anexo 21. Bosque Siempre-Verde de Pie de Monte textura muestra P1 20 COR	
(arena fina)	106
Anexo 22. Bosque Siempre-Verde de Pie de Monte textura muestra P1 30 COR	
(arena fina)	107

Anexo 23. Bosque Siempre-Verde de Pie de Monte textura muestra P2 10 COR (arena fina)	107
Anexo 24. Bosque Siempre-Verde de Pie de Monte textura muestra P2 20 COR (arena fina)	108
Anexo 25. Bosque Siempre-Verde de Pie de Monte textura muestra P2 30 COR (arena fina)	108
Anexo 26. Bosque Siempre-Verde de Pie de Monte textura muestra P3 10 COR (arena fina)	109
Anexo 27. Bosque Siempre-Verde de Pie de Monte textura muestra P3 20 COR (arena fina)	109
Anexo 28. Bosque Siempre-Verde de Pie de Monte textura muestra P3 30 COR (arena fina)	110
Anexo 29. Contenido de Fe, mg de Fe por Kg de muestra (oxalato ácido de amonio)	111
Anexo 30. Contenido de Fe, mg de Fe por Kg de muestra (pirofosfato de sodio) ...	112
Anexo 31. Contenido de P, mg de P por Kg de muestra.....	113
Anexo 32. Presencia de alófanos en el Bosque Siempre-Verde de Tierras Bajas (Muestra + agua + 20 cc NaF 1M)	114
Anexo 33. Presencia de alófanos en el Bosque Siempre-Verde de Tierras Bajas (Muestra + agua + 25 cc NaF 1M)	115
Anexo 34. Presencia de alófanos en el Bosque Siempre-Verde de Tierras Bajas (Muestra + agua + 25 cc NaF 0.5 M)	115

Anexo 35. Presencia de alófanos en el Bosque Siempre-Verde de Pie de Monte (Muestra + agua + 20 cc NaF 1M)	116
Anexo 36. Presencia de alófanos en el Bosque Siempre-Verde de Pie de Monte (Muestra + agua + 25 cc NaF 1M)	116
Anexo 37. Presencia de alófanos en el Bosque Siempre-Verde de Pie de Monte (Muestra + agua + 25 cc NaF 0.5 M)	117
Anexo 38. Presencia de alófanos en el Bosque Siempre-Verde Andino Montano Bajo (Muestra + agua + 20 cc NaF 1M)	117
Anexo 39. Presencia de alófanos en el Bosque Siempre-Verde Andino Montano Bajo (Muestra + agua + 25 cc NaF 1M)	118
Anexo 40. Presencia de alófanos en el Bosque Siempre-Verde Andino Montano Bajo (Muestra + agua + 25 cc NaF 0.5 M)	118
Anexo 41. Análisis estadístico de los parámetros de suelo analizados	119
Anexo 42. Registro fotográfico	139

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Categoría y Textura de suelo en el cantón Muyuna	16
Tabla 2. Distribución de los diferentes tipos de ecosistemas	21
Tabla 3. Fechas de recepción de muestras desde IKIAM.	22
Tabla 4. Coordenadas y profundidades de las muestras receptadas.....	23
Tabla 5. Fase de Campo, materiales varios que fueron empleados para la recolección de muestras dentro de los 3 ecosistemas estudiados.	26
Tabla 6. Fase de Laboratorio, materiales y equipos que fueron empleados para los análisis de laboratorio realizados en el Campus Sur, Universidad Politécnica Salesiana	26
Tabla 7. Fase de Laboratorio, equipos y materiales que fueron empleados en los análisis de laboratorio realizados en el Campus Girón, Universidad Politécnica Salesiana.....	28
Tabla 8. Análisis realizados acorde a parámetros físicos y químicos.	29
Tabla 9. Diluciones para curva de calibración del espectrofotómetro	36
Tabla 10. Materia orgánica y carbono orgánico del Bosque Siempre-Verde de Tierras Bajas	45
Tabla 11. Materia orgánica y carbono orgánico del Bosque Siempre-Verde de Pie de Monte	45
Tabla 12. Materia orgánica y carbono orgánico del Bosque Siempre-Verde Andino Montano Bajo.....	46
Tabla 13. Porcentaje de humedad Bosque Siempre-Verde de Tierras Bajas	47
Tabla 14. Porcentaje de humedad Bosque Siempre-Verde de Pie de Monte.....	48
Tabla 15. Porcentaje de humedad Bosque Siempre-Verde Andino Montano Bajo	48
Tabla 16. pH con agua destilada del Bosque Siempre-Verde de Tierras Bajas	51

Tabla 17. pH con agua destilada del Bosque Siempre-Verde de Pie de Monte.....	51
Tabla 18. pH con agua destilada del Bosque Siempre-Verde Andino Montano Bajo	52
Tabla 19. pH con KCl del Bosque Siempre-Verde de Tierras Bajas	52
Tabla 20. pH con KCl del Bosque Siempre-Verde de Pie de Monte.....	53
Tabla 21. pH con KCl del Bosque Siempre-Verde Andino Montano Bajo	53
Tabla 22. Textura del Bosque Siempre-Verde de Tierras Bajas	54
Tabla 23. Textura del Bosque Siempre-Verde de Pie de Monte.....	54
Tabla 24. Texturas del Bosque Siempre-Verde Andino Montano Bajo	55
Tabla 25. Acidez intercambiable del Bosque Siempre-Verde de Tierras Bajas	56
Tabla 26. Acidez intercambiable del Bosque Siempre-Verde de Pie de Monte	57
Tabla 27. Acidez intercambiable del Bosque Siempre-Verde Andino Montano Bajo ...	57
Tabla 28. Concentración y absorbancia de Fe con oxalato ácido de amonio en el Bosque Siempre-Verde de Tierras Bajas	59
Tabla 29. Concentración y absorbancia de Fe con oxalato ácido de amonio en el Bosque Siempre-Verde de Pie de Monte	60
Tabla 30. Concentración y absorbancia de Fe con oxalato ácido de amonio en el Bosque Siempre-Verde Andino Montano Bajo	60
Tabla 31. Concentración y absorbancia de Fe con pirofosfato de sodio en el Bosque Siempre-Verde de Tierras Bajas	62
Tabla 32. Concentración y absorbancia de Fe con pirofosfato de sodio en el Bosque Siempre-Verde de Pie de Monte	62
Tabla 33. Concentración y absorbancia de Fe con pirofosfato de sodio en el Bosque Siempre-Verde Andino Montano Bajo	62

Tabla 34. Concentración y absorbancia de P en el Bosque Siempre-Verde de Tierras Bajas	68
Tabla 35. Concentración y absorbancia de P en el Bosque Siempre-Verde de Pie de Monte	68
Tabla 36. Concentración y absorbancia de P en el Bosque Siempre-Verde Andino Montano Bajo.....	68
Tabla 37. Presencia de alófanos en el Bosque Siempre-Verde de Tierras Bajas (Muestra + agua + 20 cc NaF 1M)	71
Tabla 38. Presencia de alófanos en el Bosque Siempre-Verde de Tierras Bajas (Muestra + agua + 25 cc NaF 1M)	71
Tabla 39. Presencia de alófanos en el Bosque Siempre-Verde de Tierras Bajas (Muestra + agua + 25 cc NaF 0.5 M)	72
Tabla 40. Presencia de alófanos en el Bosque Siempre-Verde de Pie de Monte (Muestra + agua + 20 cc NaF 1M)	72
Tabla 41. Presencia de alófanos en el Bosque Siempre-Verde de Pie de Monte (Muestra + agua.....	73
Tabla 42. Presencia de alófanos en el Bosque Siempre-Verde de Pie de Monte (Muestra + agua + 25 cc NaF 0.5 M)	73
Tabla 43. Presencia de alófanos en el Bosque Siempre-Verde Andino Montano Bajo (Muestra + agua + 20 cc NaF 1M).....	74
Tabla 44. Presencia de alófanos en el Bosque Siempre-Verde Andino Montano Bajo (Muestra + agua + 25 cc NaF 1M)	74
Tabla 45. Presencia de alófanos en el Bosque Siempre-Verde Andino Montano Bajo (Muestra + agua + 25 cc NaF 0.5 M)	75

Tabla 46. % de nitrógeno total del Bosque Siempre-Verde de Tierras Bajas.....	80
Tabla 47. % de nitrógeno total del Bosque Siempre-Verde de Pie de Monte.....	80
Tabla 48. % de nitrógeno total del Bosque Siempre-Verde Andino Montano Bajo.....	81
Tabla 49. pH y conductividad con agua destilada del Bosque Siempre-Verde de Tierras Bajas (datos brutos).....	93
Tabla 50. pH con KCl del Bosque Siempre-Verde de Tierras Bajas (datos brutos).....	94
Tabla 51. pH y conductividad con agua destilada del Bosque Siempre-Verde de Pie de Monte (datos brutos)	95
Tabla 52. pH y conductividad con agua destilada del Bosque Siempre-Verde de Pie de Monte (datos brutos)	96
Tabla 53. pH con KCl del Bosque Siempre-Verde de Pie de Monte (datos brutos).....	97
Tabla 54. pH y conductividad con agua destilada del Bosque Siempre-Verde Andino Montano Bajo (datos brutos).....	98
Tabla 55. pH con KCl del Bosque Siempre-Verde Andino Montano Bajo (datos brutos)	99
Tabla 56. Contenido de Fe, mg de Fe por Kg de muestra (oxalato acido de amonio) ..	111
Tabla 57. Contenido de Fe, mg de Fe por Kg de muestra (pirofosfato de sodio)	112
Tabla 58. Contenido de P, mg de P por Kg de muestra	113
Tabla 59. Presencia de alófanos en el Bosque Siempre-Verde de Tierras Bajas (Muestra + agua + 20 cc NaF 1M)	114
Tabla 60. Presencia de alófanos en el Bosque Siempre-Verde de Tierras Bajas (Muestra + agua + 25 cc NaF 1M)	115
Tabla 61. Presencia de alófanos en el Bosque Siempre-Verde de Tierras Bajas (Muestra + agua + 25 cc NaF 0.5 M)	115

Tabla 62. Presencia de alófanos en el Bosque Siempre-Verde de Pie de Monte (Muestra + agua + 20 cc NaF 1M)	116
Tabla 63, Presencia de alófanos en el Bosque Siempre-Verde de Pie de Monte (Muestra + agua + 25 cc NaF 1M)	116
Tabla 64. Presencia de alófanos en el Bosque Siempre-Verde de Pie de Monte (Muestra + agua + 25 cc NaF 0.5 M)	117
Tabla 65. Presencia de alófanos en el Bosque Siempre-Verde Andino Montano Bajo (Muestra + agua + 20 cc NaF 1M)	117
Tabla 66. Presencia de alófanos en el Bosque Siempre-Verde Andino Montano Bajo (Muestra + agua + 25 cc NaF 1M)	118
Tabla 67. Presencia de alófanos en el Bosque Siempre-Verde Andino Montano Bajo (Muestra + agua + 25 cc NaF 0.5 M)	118
Tabla 68. Reporte general de datos de parámetros de suelos (%MO, %Humedad, pH (agua) pH (KCl))	119
Tabla 69 Reporte general de datos de parámetros de suelos (Conductividad, Ac. Inter. Al^+ H, %N, Fe ($\text{C}_2\text{H}_8\text{N}_2\text{O}_4$), Fe ($\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$), P).....	120
Tabla 70. Análisis de varianza % Carbono orgánico	121
Tabla 71. Resultados obtenidos de la prueba de Duncan % Carbono Orgánico.....	121
Tabla 72. Resultados obtenidos de la prueba de Duncan % Carbono Orgánico en diferentes bosques	121
Tabla 73. Resultados obtenidos de la prueba de Duncan % Carbono Orgánico a diferentes profundidades	121
Tabla 74. Análisis de varianza % Materia Orgánica.....	122
Tabla 75. Resultados obtenidos de la prueba de Duncan % Materia orgánica	122

Tabla 76. Resultados obtenidos de la prueba de Duncan % Materia Orgánica en diferentes bosques	122
Tabla 77. Resultados obtenidos de la prueba de Duncan % Materia Orgánica a diferentes profundidades	122
Tabla 78. Análisis de varianza % Humedad	123
Tabla 79. Resultados obtenidos de la prueba de Duncan % Humedad	123
Tabla 80. Resultados obtenidos de la prueba de Duncan % Humedad en diferentes bosques	123
Tabla 81. Resultados obtenidos de la prueba de Duncan % Humedad a diferentes profundidades	123
Tabla 82. Análisis de varianza de pH en agua	124
Tabla 83. Resultados obtenidos de la prueba de Duncan pH en agua	124
Tabla 84. Resultados obtenidos de la prueba de Duncan pH agua en diferentes bosques	124
Tabla 85. Resultados obtenidos de la prueba de Duncan pH en agua a diferentes profundidades	124
Tabla 86. Análisis de varianza de pH en KCl	125
Tabla 87. Resultados obtenidos de la prueba de Duncan pH en KCl	125
Tabla 88. Resultados obtenidos de la prueba de Duncan pH KCl en diferentes bosques	125
Tabla 89. Resultados obtenidos de la prueba de Duncan pH en KCl a diferentes profundidades	125
Tabla 90. Análisis de varianza de conductividad	126
Tabla 91. Resultados obtenidos de la prueba de Duncan conductividad	126

Tabla 92. Resultados obtenidos de la prueba de Duncan conductividad en diferentes bosques.....	126
Tabla 93. Resultados obtenidos de la prueba de Duncan conductividad a diferentes profundidades.....	126
Tabla 94. Análisis de varianza de Acidez intercambiable $Al^+ H$	127
Tabla 95. Resultados obtenidos de la prueba de Duncan Acidez Intercambiable $Al^+ H$	127
Tabla 96. Resultados obtenidos de la prueba de Duncan Acidez Intercambiable $Al^+ H$ en diferentes bosques	127
Tabla 97. Resultados obtenidos de la prueba de Duncan Acidez Intercambiable $Al^+ H$ a diferentes profundidades	127
Tabla 98. Análisis de varianza % Nitrógeno total.....	128
Tabla 99. Resultados obtenidos de la prueba de Duncan % Nitrógeno	128
Tabla 100. Resultados obtenidos de la prueba de Duncan % Nitrógeno en diferentes bosques.....	128
Tabla 101. Resultados obtenidos de la prueba de Duncan % Nitrógeno a diferentes profundidades.....	128
Tabla 102. Análisis de varianza Fe en Oxalato ácido de Amonio	129
Tabla 103. Resultados obtenidos de la prueba de Duncan Fe en Oxalato ácido de Amonio.....	129
Tabla 104. Resultados obtenidos de la prueba de Duncan Fe en Oxalato de Amonio en diferentes bosques	129
Tabla 105. Resultados obtenidos de la prueba de Duncan Fe en Oxalato de Amonio a diferentes profundidades	129

Tabla 106. Análisis de varianza de Fe en Pirofosfato de Sodio.....	130
Tabla 107. Resultados obtenidos de la prueba de Duncan Fe en Pirofosfato de Sodio	130
Tabla 108. Resultados obtenidos de la prueba de Duncan Fe Pirofosfato de Sodio en diferentes bosques	130
Tabla 109. Resultados obtenidos de la prueba de Duncan Fe en Fosfato de Sodio a diferentes profundidades	130
Tabla 110. Análisis de varianza de Fósforo	131
Tabla 111. Resultados obtenidos de la prueba de Duncan Fósforo	131
Tabla 112. Resultados obtenidos de la prueba de Duncan Fósforo en diferentes bosques	131
Tabla 113. Resultados obtenidos de la prueba de Duncan Fósforo a diferentes profundidades.....	131
Tabla 114. Determinación del coeficiente de correlación lineal del % CO respecto a los otros parámetros cuantitativos analizados.....	132
Tabla 115. Datos para los gráficos de correlación, % CO vs %MO, %Humedad, pH (agua), pH (KCl).	132
Tabla 116. Datos para los gráficos de correlación, % CO vs Conductividad, %N, Ac. Intercambiable, Fe (C ₂ H ₈ N ₂ O ₄), Fe (Na ₄ P ₂ O ₇), P.	132

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Factores que afectan el cambio climático.....	2
Figura 2. Pirámide de textura del suelo.....	10
Figura 3. Puntos de muestreo, provincia de Napo	15
Figura 4. Mapa de suelos en la parroquia de Muyuna	17
Figura 5. Mapa de cobertura de suelo en la provincia de Napo	18
Figura 6. Mapa sitios de muestreo	24
Figura 7. Metodología de muestreo de suelo	25
Figura 8. Curva de calibración con oxalato ácido de amonio del espectrofotómetro de llama.....	59
Figura 9. Gráfica de resultados concentración vs absorbancia de Fe con oxalato ácido de amonio.....	61
Figura 10. Curva de calibración con pirofosfato de sodio del espectrofotómetro de llama	61
Figura 11. Gráfica de resultados concentración vs absorbancia de Fe pirofosfato de sodio	63
Figura 12. Concentración, absorbancia a diferentes altitudes y profundidades de Fe	64
Figura 13. Figura: Variación altitudinal de las concentraciones de hierro y acidez intercambiable	65
Figura 14. Concentración de fósforo vs altitud. Diferencias significativas en las muestras de suelo.....	66
Figura 15. Concentración de fósforo vs altitud.....	66
Figura 16. Concentración de fósforo vs altitud.....	67
Figura 17. Resultados concentración vs absorbancia de P.....	69

Figura 18. Diferencias en la concentración de materia orgánica con las diferentes profundidades analizadas	78
<i>Figura 19. Diferencias en la concentración de materia orgánica dentro de las diferentes altitudes</i>	<i>78</i>
Figura 20. Grupos para los parámetros evaluados con respecto a diferentes altitudes. ..	79
Figura 21. Diferencias en la relación C / N dentro de las diferentes altitudes.....	79
Figura 22. Grupos para los parámetros evaluados con respecto a las diferentes altitudes analizadas	80
Figura 23. Bosque Siempre-Verde Andino Montano Bajo textura todas las muestras.	100
Figura 24. Bosque Siempre-Verde Andino Montano Bajo textura muestra P1 10 COR (arena fina)	100
Figura 25. Bosque Siempre-Verde Andino Montano Bajo textura muestra P1 20 COR (arena fina arcillosa).....	101
Figura 26. Bosque Siempre-Verde Andino Montano Bajo textura muestra P1 30 COR (arena fina)	101
Figura 27. Bosque Siempre-Verde Andino Montano Bajo textura muestra P2 10 COR (arena fina)	102
Figura 28. Bosque Siempre-Verde Andino Montano Bajo textura muestra P2 20 COR (arena fina)	102
Figura 29. Bosque Siempre-Verde Andino Montano Bajo textura muestra P2 30 COR (arena fina)	103
Figura 30. Bosque Siempre-Verde Andino Montano Bajo textura muestra P3 10 COR (arena fina)	103

Figura 31. Bosque Siempre-Verde Andino Montano Bajo textura muestra P3 20 COR (arena fina arcillosa).....	104
Figura 32. Bosque Siempre-Verde Andino Montano Bajo textura muestra P3 30 COR (arena fina arcillosa).....	104
Figura 33. Bosque Siempre-Verde de Tierras Bajas textura de todas las muestras	105
Figura 34. Bosque Siempre-Verde de Pie de Monte textura de todas las muestras	105
Figura 35. Bosque Siempre-Verde de Pie de Monte textura muestra P1 10 COR (arena fina)	106
Figura 36. Bosque Siempre-Verde de Pie de Monte textura muestra P1 20 COR (arena fina)	106
Figura 37. Bosque Siempre-Verde de Pie de Monte textura muestra P1 30 COR (arena fina)	107
Figura 38. Bosque Siempre-Verde de Pie de Monte textura muestra P2 10 COR (arena fina)	107
Figura 39. Bosque Siempre-Verde de Pie de Monte textura muestra P2 20 COR (arena fina)	108
Figura 40. Bosque Siempre-Verde de Pie de Monte textura muestra P2 30 COR (arena fina)	108
Figura 41. Bosque Siempre-Verde de Pie de Monte textura muestra P3 10 COR (arena fina)	109
Figura 42. Bosque Siempre-Verde de Pie de Monte textura muestra P3 20 COR (arena fina)	109
Figura 43. Bosque Siempre-Verde de Pie de Monte textura muestra P3 30 COR (arena fina)	110

Figura 44. Gráfico correlación % CO vs %MO	133
Figura 45. Gráfico correlación % CO vs %Humedad.....	134
Figura 46. Gráfico correlación % CO vs pH (agua).....	134
Figura 47. Gráfico correlación % CO vs pH (KCl).	135
Figura 48. Gráfico correlación % CO vs Conductividad	135
Figura 49. Gráfico correlación % CO vs % N	136
Figura 50. Gráfico correlación % CO vs Ac. Intercambiable	136
Figura 51. Gráfico correlación % CO vs Fe (C ₂ H ₈ N ₂ O ₄)	137
Figura 52. Gráfico correlación % CO vs Fe (Na ₄ P ₂ O ₇)	137
Figura 53. Gráfico correlación % CO vs P	138

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. % de Humedad en Suelos.....	30
Ecuación 2. % de arena	32
Ecuación 3. % de arcilla.....	32
Ecuación 4. % de limo	32
Ecuación 5. Acidez intercambiable.....	33
Ecuación 6. Normalidad exacta del ácido sulfúrico	40
Ecuación 7. % de nitrógeno total	41
Ecuación 8. Factor de corrección de la sal de Mohr	42
Ecuación 9. % de materia orgánica.....	42
Ecuación 10. Conversión de % de materia orgánica a % de carbono orgánico	43
Ecuación 11. mg de P por Kg de muestra	114

RESUMEN

El Ecuador alberga en su región amazónica uno de los más grandes “laboratorios” de vida. Esto se produce gracias a diferentes factores: climatológicos, orográficos, geológicos, entre otros. Por lo tanto; la Amazonía ecuatoriana es considerada como lugar de interés para investigaciones científicas.

Uno de los componentes esenciales para el desarrollo de esta biodiversidad es el suelo; el cual varía en sus características por diversos factores. La actual investigación determinó las condiciones de pH, conductividad, humedad, materia orgánica, nitrógeno total, fósforo, hierro, acidez intercambiable, textura y origen del mismo; para lo cual se tomó 27 muestras a diferentes altitudes de 3 tipos de bosques “vírgenes” característicos de la zona: Bosque Siempre-Verde De Tierras Bajas (BSVTB), Bosque Siempre-Verde de Pie de Monte (BSVPM) y Bosque Siempre-Verde Andino Montano Bajo (BSVAMB). Las muestras fueron tomadas a 3 tipos de profundidades: 0-10, 10-20, 20-30 cm.

Como resultados; se obtuvo que el almacenamiento de carbono en suelos amazónicos depende de la altitud. Los parámetros: materia orgánica, humedad y hierro mostraron también una relación directamente proporcional a la altitud. No obstante, las mediciones de: fósforo, pH, conductividad y acidez intercambiable mostraron que no existe una marcada correlación entre la concentración de estos parámetros vs la altitud.

Se determinó que el BSVTB no es de origen volcánico; mientras que los suelos provenientes de los bosques: BSVPM y BSVAMB son de origen volcánico.

ABSTRACT

Ecuador hosts one of the largest "laboratories" of life in its Amazon region. This occurs as result of many factors: climatological, orographic, geological, among others. For this reasons, Ecuadorian Amazon is an interesting place for scientific research.

An essential component for the development of the biodiversity is the soil which change its characteristics by various factors. The research measured conditions of pH, conductivity, humidity, organic matter, total nitrogen, phosphorus, iron, interchangeable acidity, texture and its origin. It was analyzed 27 samples at different altitudes with 3 types of common "virgin" forests in the study area: Bosque Siempre-Verde de Tierras Bajas (BSVTB), Bosque Siempre-Verde de Pie de Monte (BSVPM) and Bosque Siempre-Verde Andino Montano Bajo (BSVAMB). Samples were taken in 3 types of depths: 0-10, 10-20, 20-30 cm.

As results; it was obtained that carbon storage in Amazonian soils depends on altitude. The parameters: organic matter, humidity and iron also showed a directly proportional correlation to the altitude. However, measurements of: phosphorus, pH, conductivity and interchangeable acidity showed that there is no marked correlation between the concentration of these parameters vs altitude. It was also determined that the BSVTB doesn't come from volcanic origin; while the soils coming from the forests: BSVPM and BSVAMB came from volcanic origin.

GLOSARIO DE TÉRMINOS Y ACRÓNIMOS

1. Glosario de términos

Forzamiento radiativo: diferencia entre la insolación absorbida por la Tierra y la energía irradiada de regreso al espacio.

2. Acrónimos

BSVTB: Bosque Siempre-Verde de Tierras Bajas

BSVPM: Bosque Siempre-Verde de Pie Monte

BSVAMB: Bosque Siempre-Verde Andino Montano Bajo

FAO: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.

Pt: Peta toneladas

GEI: Gases de Efecto Invernadero

Pg C: Petagramos de carbono

AFOL: Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra

Gt CO₂eq/año: Gigatoneladas de CO₂ equivalente por año.

Msnm: Metros sobre el nivel del mar

UPS: Universidad Politécnica Salesiana

IKIAM: selva en legua shuar (Universidad Regional Amazónica)

AAS: atomic absorption spectroscopy, Espectrofotómetro de Absorción Atómica

MESH: número de aperturas por pulgada lineal, en un tamiz.

nm: nanómetros

meq: miliequivalente

cmol⁺/kg: Centimol/kilogramo

CO: carbono orgánico

MO: materia orgánica

P: fósforo

Fe: hierro

Ac. Intercambiable: acidez intercambiable $\text{Al}^+ \text{H}$

3. Formulas químicas

Cloruro de potasio (**KCl**)

Fenolftaleína (**C₂₀H₁₄O₄**)

Hidróxido de sodio (**NaOH**)

Pirofosfato de sodio decahidratado (**Na₄P₂O₇·10H₂O**)

Oxalato ácido de amonio monohidratado (**((COONH₄)₂·H₂O)**)

Bicarbonato de sodio (**NaHCO₃**)

Disodio E.D.T.A. (**C₁₀H₁₆N₂O₈**)

Tartrato de potasio y antimonio (**C₈H₁₀K₂O₁₅Sb₂**)

Ácido sulfúrico (**H₂SO₄**)

Molibdato de amonio (**(NH₄)₆Mo₇O₂₄**)

Goma de acacia

Ácido ascórbico (**C₆H₈O₆**)

Fluoruro de sodio (**NaF**)

Ácido bórico (**H₃BO₃**)

Verde de bromocresol (**C₂₁H₁₄Br₄O₅S**)

Rojo de metilo (**C₁₅H₁₅N₃O₂**)

Sulfato de potasio (**K₂SO₄**)

Sulfato de cobre (**CuSO₄**)

Bióxido de selenio (**SeO₂**)

Carbonato de sodio (**Na₂CO₃**)

Dicromato de potasio (**K₂Cr₂O₇**)

Difenilamina (**C₁₂H₁₁N**)

Ácido fosfórico (**H₃PO₄**)

Sulfato de hierro II heptahidratado (**FeSO₄.7H₂O**)

1. INTRODUCCIÓN

A partir de los cambios que se dan de forma natural dentro de los diferentes ecosistemas y gracias al gran aporte dado por las actividades antropogénicas, los seres humanos hemos cambiado y seguimos cambiando la superficie de la tierra y la composición de la atmósfera; algunos de estos cambios presentan una repercusión directa o indirecta en el balance energético de la Tierra y por lo tanto son llamados “Impulsores del Cambio Climático” (Stocker, y otros, 2013).

Estos llamados impulsores se dividen en forzamientos y retroalimentaciones (Santamaría, 2010). Un forzamiento climático es un desequilibrio energético impuesto sobre el sistema climático de nuestra biósfera, estos pueden ser externos (cambios en las radiaciones solares, entre otros) o bien de naturaleza antrópica (cambios del uso de suelo, entre otros); además de radiativos directos (gases de efecto invernadero) o indirectos (aerosoles) y no radiativos (flujo de evapotranspiración, entre otros). Por otro lado una retroalimentación del clima es un proceso interno que reduce o acrecienta la respuesta climática a un forzamiento inicial (Santamaría, 2010).

Para abordar los términos presentados de una forma más didáctica se presenta la Figura 1.



Figura 1: Factores que afectan el cambio climático

Fuente: La investigación

Como se especifica anteriormente, un importante forzamiento climático se origina a partir de las modificaciones en el uso de suelo. Siendo necesario establecer suelos patrones en futuras investigaciones científicas. Tal es el caso de esta investigación realizada con suelos del oriente ecuatoriano, provincia de Napo.

El suelo es fundamental en el ciclo biogeoquímico del carbono, es así que en todo el mundo se almacenan 1417 Pt (peta toneladas) de carbono en el primer metro de suelo. A diferencia de; en la vegetación terrestre por encima y por debajo del nivel del suelo, así como en la materia orgánica muerta, se almacenan apenas 455 Pt de carbono (FAO, 2016).

Un suelo sano es aquel que provee nutrientes esenciales, agua, oxígeno, una variada comunidad de micro biota, capacidad de retención de nutrientes y soporte para

las raíces de las plantas (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2015). Los suelos sanos son los mayores sumideros naturales de carbono terrestre, es así que permiten la reducción de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI). (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2015). El cambio en el uso de suelo en es un problema que va en aumento. La transformación de un suelo en pastizales, drenajes, tierras de cultivo y pastoreo es responsable del 10 % de todas las emisiones GEI; se estima que los suelos pueden capturar alrededor de 20 Pg C (petagramos de carbono) en 25 años, lo cual representa más del 10 % de las emisiones antropogénicas actuales (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2015). Además, las emisiones producidas durante la aplicación de fertilizantes sintéticos son la fuente de emisiones agrícolas de más alto crecimiento. Tras haber aumentado un 45 % desde el 2001, las actividades económicas de agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra (AFOL) son responsables de 10 a 12 Gt CO₂eq/año (lo que representa un poco menos de la cuarta parte de las emisiones de GEI de origen humano) (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2015).

La retención de carbono en suelos aumenta la capacidad de estos para conservar la humedad, resistir la erosión y aumentar la biodiversidad de los ecosistemas. Al alterar las actividades que se dan de forma natural en ecosistemas vírgenes (cambio del uso de suelo), se libera gran cantidad del carbono almacenado hacia la atmósfera, lo que contribuye al cambio climático (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2015). Los bosques tropicales contienen el 37 % de los compartimientos terrestres globales de carbono, en el año 2000 se estimó que actuaban como sumideros atrapando de 1 a 3 Pg C/ año; sin embargo a causa de la deforestación

(respiración heterotrófica y de raíces) y la degradación de los bosques eran una fuente de 3Pg C/año (Ramírez & Moreno, 2008) (Meir, Grace, Miranda, & Loyd, 1996).

Tomando en cuenta que las emisiones de GEI de la AFOL casi se han duplicado en los últimos 50 años, pudiendo estos aumentar un 30 % extra en el 2050 es imprescindible realizar actividades en pos de frenar esta realidad (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2015). Por ello se busca medir el aporte ecosistémico que los ecosistemas Bosque Siempre-Verde de Tierras Bajas (369-395 msnm), Bosque Siempre-Verde de Pie de Monte (911-1181 msnm) y Bosque Siempre-Verde Andino Montano Bajo (1444-1800 msnm) de la provincia del Napo generan, trabajando bajo la hipótesis de: a mayor altitud, mayor fijación de carbono en el suelo, y cuantificar así el aporte ecosistémico brindado por el suelo de estos bosques.

Tomando en cuenta el gran potencial de explotación petrolera y de recursos naturales que la zona (hasta ahora mantenida como selva virgen) podría sufrir. Es necesario hacer hincapié en los beneficios que la conservación de ésta nos ofrece en temas de preservación de biodiversidad y reducción de CO₂ atmosférico.

Cabe recalcar que los datos y estudios necesarios para obtener los resultados de la presente investigación son parte del proyecto; “Almacenamiento de Carbono en tres tipos de bosque de la Región Amazónica Ecuatoriana, provincia del Napo”, el cual estimará la cantidad de materia orgánica, y otros componentes del suelo de los bosques en cuestión y es un trabajo de cooperación de la Universidad Politécnica Salesiana (UPS) y la Universidad Regional Amazónica "IKIAM" (IKIAM, MAE, UPS, 2017).

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Cuantificar el servicio ecosistémico de almacenamiento de carbono en tres tipos de ecosistemas, Bosque Siempre- Verde de Tierras Bajas, Bosque Siempre-Verde de Pie de Monte y, Bosque Siempre-Verde Andino Montano Bajo de la provincia del Napo (componente suelo).

2.2 Objetivos específicos

- Realizar la caracterización del componente suelo de los 3 diferentes pisos altitudinales en estudio.
- Establecer la relación entre los parámetros en estudio y la fijación de carbono orgánico en los diferentes pisos altitudinales.
- Identificar cuál de los parámetros antes estudiados es más eficiente en la determinación de carbono orgánico del suelo de los diferentes pisos altitudinales en estudio.

3. MARCO TEÓRICO

3.1 Amazonía Ecuatoriana

La región Amazónica del Ecuador se encuentra localizada rodeando el cinturón de fuego del planeta, tiene un área superficial de 116 441 Km² por lo tanto, representa la mayor cantidad del área total del país. Esta región está conformada políticamente por 6 provincias que son: Zamora Chinchipe, Pastaza, Napo, Morona Santiago y Orellana (Nieto & Caicedo, 2012). Ha sido considerada una de las zonas con mayor diversidad del mundo en flora y fauna debido a varios factores: la presencia de cordilleras, abundante humedad, vegetación, ubicación geográfica, entre otras. Lamentablemente esta riqueza natural ha ido desapareciendo por la presencia de actividades antrópicas que dañan el correcto desenvolvimiento de los ecosistemas (Cisneros, 2003).

3.2 Problemática ambiental

La Amazonía ecuatoriana se ha visto afectada por diversas actividades antrópicas que la han transformado en un lugar vulnerable. Las principales ocupaciones que se han dado al sector Amazónico a lo largo de la historia han sido: la extracción de hidrocarburos, explotación maderera y desarrollo de aprovechamiento agropecuario. Según cifras del Ministerio del Ambiente (MAE) en la provincia de Napo la deforestación bruta promedio anual en los años 1990- 2000 fue de 3318 ha/año (Ministerio del Ambiente, 2018). Estas cifras han sido reducidas levemente con las estrategias de conservación y la implementación de programas que buscan reducir los impactos ambientales generados por la deforestación desmesurada de la zona; se puede constatar el cambio con las cifras otorgadas por el Ministerio del Ambiente que establece que en

los años 2014- 2016 la deforestación bruta promedio anual en Napo fue de 3175 ha/ año (Ministerio del Ambiente, 2018). Esto demuestra que en sí ha existido una reducción; sin embargo, no es lo suficiente para impedir las graves consecuencias que trae la destrucción del hábitat de muchas especies de vida silvestre.

3.3 Importancia del suelo en la naturaleza

El suelo es un elemento importante para la vida ya que provee nutrientes para la flora; quienes a su vez son esenciales para el desarrollo de la vida en los animales y la nutrición de los seres humanos. Además, el suelo es considerado un medio de reciclaje, degradación y descomposición de la materia orgánica y nutrientes. Por ello; es importante su estudio; un suelo puede estar o no “sano”. Un suelo sano provee a las plantas, animales y seres humanos salud. Por lo expuesto anteriormente; es necesario que las condiciones de suelo sean las mejores, que propicien el crecimiento correcto de las plantas, un suelo no sano conlleva problemas de pobreza, desnutrición y afecta la economía de la sociedad (Bezdicek, Papendick, & Lal, 1996).

3.4 Parámetros físicos y químicos del suelo

3.4.1 pH y conductividad eléctrica en el suelo.

El pH del suelo es la cantidad de la actividad de iones Hidronio (H^+) presentes en el mismo; se puede determinar mediante análisis de pH y metodologías de acidez intercambiable (Ohio State Univeristy, 1982).

Es conocido que el pH del suelo influye significativamente en el desarrollo de las funciones del mismo; ya que posee un efecto sobre la actividad microbiana y los procesos biogeoquímicos; además posee una influencia en el crecimiento de las células y su

actividad (Nicol, Leininger, Schleper, & Prosser, 2008) . Existe una fuerte evidencia que el pH además de influir en los procesos de desarrollo; influye también en la diversidad de los organismos presentes en el mismo (Fierer & Jackson, 2006).

En el suelo se llevan a cabo diferentes procesos químicos tales como: la nitrificación y oxidación de amonio; los mismos que dependen de las condiciones de pH que posee el suelo (De Boer & Kowalchuk, 2001); todos estos procesos son vitales en el desarrollo de los seres vivos y actúan como entes selectivos de las especies que los albergan.

Con respecto a la conductividad; se puede considerar como uno de los indicadores de calidad de suelo ya que influye en el crecimiento de los cultivos y puede ser un factor limitante de los mismos puesto que incide en la disponibilidad de nutrientes para las plantas; y por ende influye directamente en su desarrollo (Romero, Santamaría, & Zafra, 2009).

3.4.2 Nitrógeno en el suelo.

El nitrógeno es un macronutriente indispensable para el desarrollo de la vida; ya que es parte de varios compuestos necesarios para el desarrollo de las funciones de los seres vivos, tales como: proteínas, aminoácidos, enzimas, ácidos nucleicos, entre otros.

En el suelo; el nitrógeno incide en el rendimiento y calidad de la producción agrícola (Perdomo & Barbazán, 2000); lo cual fomenta un crecimiento vegetal y facilita los procesos de nitrificación y desnitrificación.

3.4.2.1 *Nitrógeno total en el suelo.*

El nitrógeno total consiste en la determinación cuantitativa de varias formas complejas heterogéneas de nitrógeno presentes en el suelo. La cantidad de nitrógeno total

tiene rangos normalmente menores a 0.02 % en subsuelos y mayores a 2.5 % en turbas. Para su determinación existen 2 metodologías: Cálculo del nitrógeno total utilizando el método de Dumas y Obtención de nitrógeno total Kjeldahl. Este último será utilizado en la presente investigación (Bremner, 1965).

3.4.3 Fósforo en el suelo.

El fósforo es un macronutriente fundamental en el desarrollo del núcleo de la célula; por lo que el correcto crecimiento de las especies vegetales depende en gran parte de la presencia de cantidades adecuadas del mismo. El fósforo influye directamente en las actividades metabólicas de división y crecimiento celular. La carencia de este nutriente en las plantas provoca en ellas una reducción de tamaño, se retrasa la maduración y no existe una correcta producción de semillas. El fósforo además de todas las funciones expuestas; es partícipe de diversos procesos biológicos de la planta que permiten la liberación energética de la misma (Afif, 2005).

3.4.4 Textura del suelo.

La textura del suelo es la cantidad de arena, arcilla y limo que posee. Para la determinación de la textura del suelo se consideran partículas que posean un tamaño menor a 2 mm de diámetro que se encuentran presentes en los diferentes horizontes que componen el suelo (Gisber, Ibáñez, & Moreno, 2010).

La textura del suelo está dada por el triángulo de textura de suelo que se expone en la Figura 2.

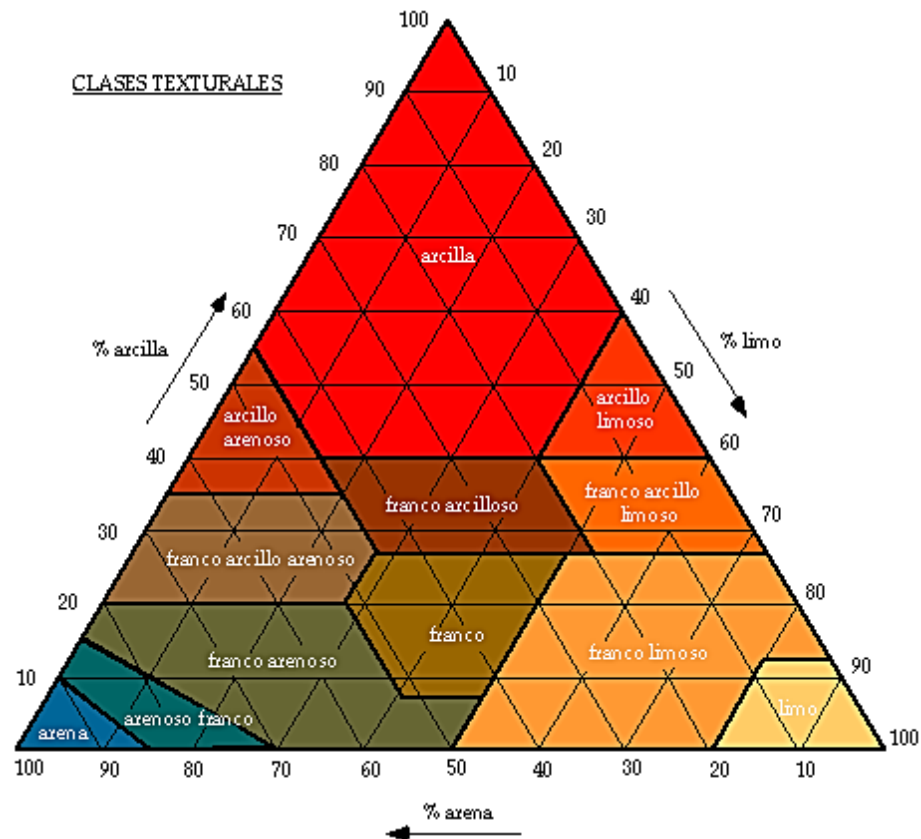


Figura 2. Pirámide de textura del suelo

Fuente: (Gisber, Ibáñez, & Moreno, 2010)

Por lo expuesto anteriormente; existen diferentes tipos de suelos de acuerdo a su textura:

- Texturas arcillosas: Son suelos que se consideran difíciles de trabajar ya que retienen una cantidad considerable de agua y nutrientes. Estos suelos tienen una gran capacidad de acidez intercambiable; además poseen una elevada microporosidad. No son considerados suelos permeables (Gisber, Ibáñez, & Moreno, 2010).
- Textura Arenosa: Son suelos que poseen una alta capacidad de penetración del aire, son conocidos como ligeros, no son maleables como los arcillosos, permiten la filtración de agua y sólo en condiciones de una gran precipitación pueden formar escorrentía superficial. Una de las características principales es

que se los puede trabajar fácilmente debido a sus condiciones previamente descritas (Gisber, Ibáñez, & Moreno, 2010).

- Textura Limosa: No posee propiedades coloidales que formen la estructura; además son suelos que no permiten la aireación ni la circulación del agua. Sus características propician el crecimiento de costras en su superficie que impiden el crecimiento de las plántulas (Gisber, Ibáñez, & Moreno, 2010).
- Texturas francas o equilibradas: corresponden al equilibrio en la distribución de sus componentes; no poseen desventajas ni defectos en comparación a los descritos anteriormente (Gisber, Ibáñez, & Moreno, 2010).

3.4.5 Acumulación de carbono en el suelo.

Como se ha descrito anteriormente; uno de los principales acumuladores de carbono en la naturaleza es el suelo; y la dinámica del carbono se presenta en la absorción de materia orgánica muerta y la pérdida por descomposición conocida como mineralización (Robert, 2002). Debido a estos procesos que se dan en la naturaleza y que tienen importancia dentro de la misma, la materia orgánica en el suelo es un indicador clave sobre la calidad del mismo; tanto en funciones ambientales mediante la captura de carbono como agrícolas (Robert, 2002).

3.4.6 Importancia del Carbono en la Naturaleza.

El carbono es uno de los elementos esenciales en todos los procesos biológicos y en una variedad de procesos inorgánicos; es considerado como el bloque principal de construcción de materia orgánica (Mackenzie & Lerman, 2006); y por tal motivo éste

conforma a los seres vivos y compuestos necesarios para la supervivencia de las especies (Bastian, 2001).

Compuestos tales como: ácidos nucleicos, proteínas, grasas, vitaminas, enzimas, etc. Son moléculas que permiten la vida de las especies; así como su reproducción y ciclo.

Además se lo puede encontrar en la naturaleza en compuestos inorgánicos tales como diamante y grafito. El carbono, siendo un elemento indispensable para el desarrollo de la vida en la tierra; se lo puede encontrar en el aire formando óxidos de carbono; monóxido y dióxido de carbono; siendo las propiedades del monóxido: incoloro, inodoro y tóxico para el ser humano. Mientras que del dióxido de carbono: incoloro, inodoro y no es tóxico (Bastian, 2001). El carbono en el aire es indispensable para el desarrollo de la vida en la tierra ya que los gases de efecto invernadero dan el ambiente óptimo para la supervivencia de las especies y éste retiene el calor proveniente del sol; lo cual permite la supervivencia de los seres vivos (Kerr, 2010).

3.4.7 Ciclo del Carbono.

El carbono posee diferentes mecanismos por los cuales busca llegar a los seres vivos y circular por la naturaleza; a esto se lo conoce como Ciclo (Robert, 2002).

El proceso del Ciclo del Carbono inicia con los vegetales que absorben dióxido de carbono de la atmósfera o del agua, posteriormente mediante un proceso químico llamado fotosíntesis que se lleva a cabo en la célula de las plantas utilizando clorofila y enzimas, lo transforman en glucosa (Robert, 2002); ésta molécula pasa a los seres heterótrofos y descomponedores siendo alimento para los mismos aportando energía química y regresa a la atmósfera a través de la respiración (Rodríguez, 2008). Al momento de morir los organismos; son desintegrados por microorganismos y la influencia de los factores

ambientales; permiten que el carbono llegue al suelo nuevamente y así funciona el ciclo del carbono (Odetti, 2006). Otro de los mecanismos que aporta carbono a la atmósfera son las actividades antropogénicas como la quema de combustibles fósiles que es una de las principales fuentes de dióxido y monóxido de carbono; lo cual contribuye al efecto invernadero (Bennington, 2009). Sin embargo; los absorbentes principales del carbono en el aire no son únicamente las plantas; sino también el océano con la presencia de algas producen variación de pH con la captación de dióxido de carbono que al reaccionar con agua forman los carbonatos y el ion hidronio que acidifica el océano (acidificación de los océanos y eutrofización).

3.4.8 Carbono y cambio climático.

Actualmente existe un fenómeno natural-antropogénico denominado: Cambio Climático que se da debido al incremento en la concentración de los gases de efecto invernadero; siendo algunos de ellos: metano, monóxidos de carbono y compuestos clorofluorocarbonados (Becerra, 2007). Debido a ello es importante tomar en cuenta el rol que realiza el suelo en la absorción de carbono, en la depuración de la contaminación y aporte de nutrientes a las plantas. Tomando en cuenta la importancia del suelo dentro del desarrollo de la vida y mitigación al cambio climático; se realiza el presente trabajo para determinar la cantidad de carbono que posee un área que no ha sido intervenida por actividades antropogénicas anteriormente y valorar su impacto ambiental positivo dentro de la depuración ecosistémica de la contaminación ambiental.

3.4.9 Hierro en el suelo.

El hierro es un elemento que se encuentra en el suelo a manera de óxidos, desempeña un papel muy importante en el mismo ya que influye en la carga eléctrica, incrementa su capacidad amortiguadora, facilita la formación de agregados de partículas, y en sí la estructura del mismo. No existe suelo que carezca de este tipo de compuestos; de ahí su importancia como componente en el suelo (Acevedo-Sandoval, Ortiz, & Cruz-Chávez, 2004).

El hierro influye directamente en el crecimiento de las plantas y el proceso de la edafogénesis; además, es un componente importante para la fijación de nitrógeno, división celular y la transpiración (Acevedo-Sandoval, Ortiz, & Cruz-Chávez, 2004). Con todos estos antecedentes, radica la importancia del estudio del mismo y su análisis de variación a diferentes altitudes.

3.4.10 Alófanos.

Son minerales que se encuentran en el suelo que indican la procedencia del mismo; si es de origen volcánico (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, 1991). Los mismos que favorecen la producción hortícola (Martínez, 2012) ya que permiten que exista una alta capacidad de intercambio de cationes y captación de fósforo en el suelo (Lemus, 1995).

3.5 Suelos amazónicos

Los suelos amazónicos han sido uno de los elementos naturales menos estudiados con respecto a su formación y tipos debido a sus condiciones de difícil acceso (Quesada, y otros, 2011). La mayor parte de suelos de la Amazonía comparten condiciones

similares de temperatura y humedad (Quesada, y otros, 2011); ello hace que posean características similares.

Estudios preliminares determinaron que los suelos amazónicos se caracterizan por tener un pH bajo, baja cantidad de calcio intercambiable, presencia de fósforo, alta cantidad de aluminio, alta cantidad de manganeso; evidentemente estas condiciones pueden variar dependiendo del sitio de recolección de la muestra (Korning, Thomsen, Dalsgaard, & Nornberg, 1993).

3.6 Descripción del área de estudio

La investigación se centró en suelos obtenidos a diferentes alturas de una zona no intervenida en la región Amazónica del Ecuador correspondiente al sector de Muyuna, en la provincia de Napo a 10 minutos de Tena, tal como se muestra en la Figura 3.

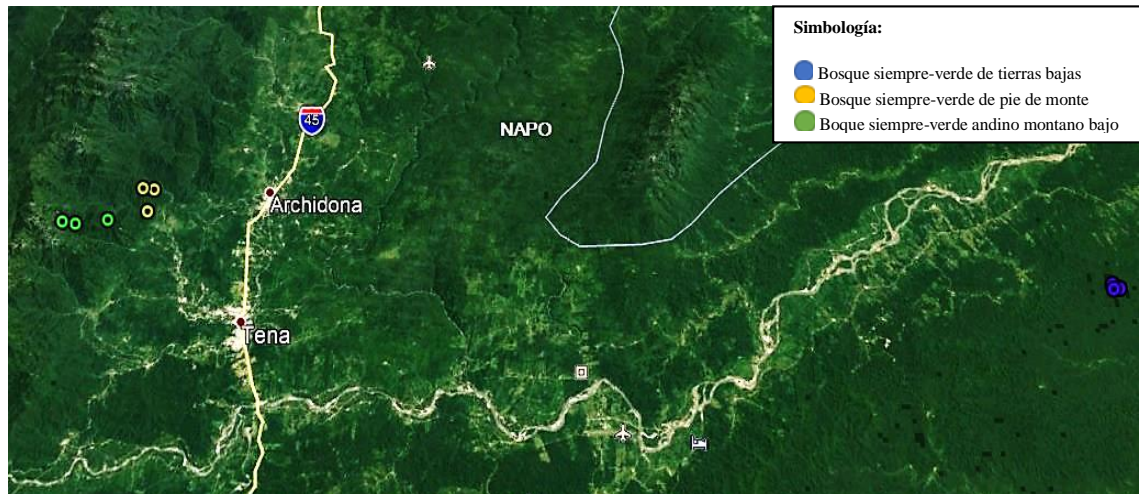


Figura 3. Puntos de muestreo, provincia de Napo
Fuente: La investigación

3.6.1 Problemática ambiental sobre el suelo en el área de estudio.

Como se explicó anteriormente; el suelo es un recurso natural indispensable para la vida y la condición de éste depende del cuidado del hábitat que se ha llevado a cabo.

El deterioro del mismo es causado por la explotación desmesurada en actividades de aprovechamiento agrícola, crianza de ganado y explotación forestal (Instituto Nacional de Ecología, 2000) . Se define el avance de la explotación del suelo en la sección uso de suelo.

3.6.2 Textura del suelo en el área de estudio.

El suelo posee características propias de acuerdo a su ubicación que permiten la diversidad de especies. Una de sus características es la textura. De acuerdo a investigaciones previas se determinó que predominan los suelos de textura moderadamente gruesa con un 69,7 % de la superficie total, seguidos de la categoría media de textura con un 29,9 % de la superficie total; tal como lo enuncia la Tabla 1 y Figura 4.

Tabla 1. Categoría y Textura de suelo en el cantón Muyuna

<i>Categoría</i>	<i>Descripción</i>	<i>Área (Ha)</i>	<i>%</i>
Media	Suelo: Franco arenoso, muy fina franca, franco limoso, limoso.	5522,21	29,9
Moderadamente gruesa	Suelo: Franco arenoso fino, franco arenoso grueso, franco arenoso.	12890,58	69,7
Sin información		83,96	0,5

Fuente: (GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO PARROQUIAL RURAL SAN JUAN DE MUYUNA, 2014)

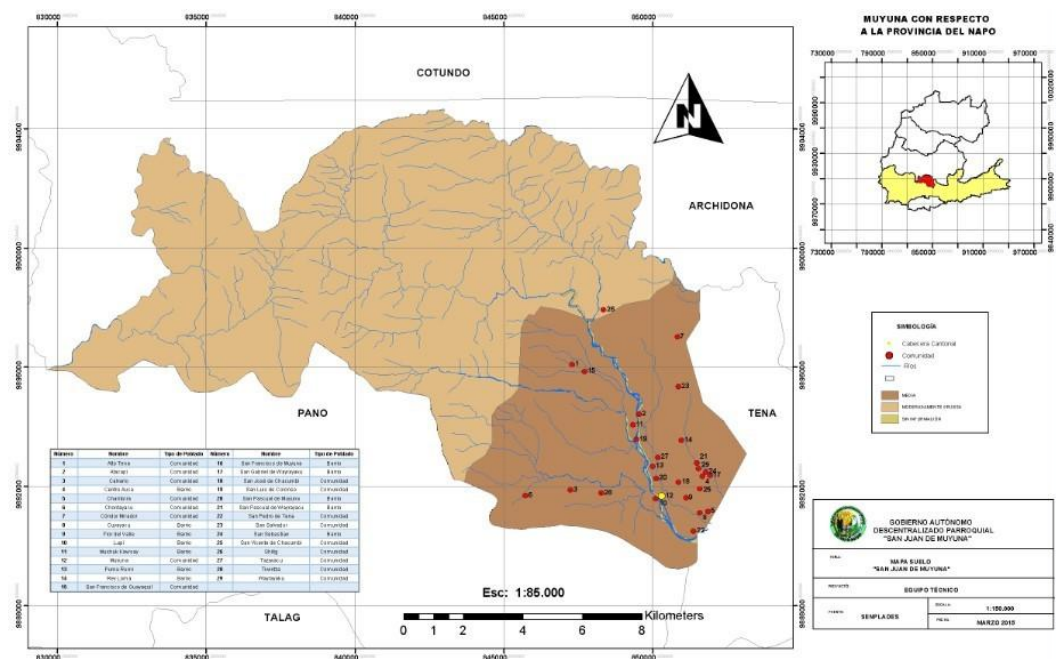


Figura 4. Mapa de suelos en la parroquia de Muyuna

Fuente: (GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO PARROQUIAL RURAL SAN JUAN DE MUYUNA, 2014)

3.6.3 Características de los suelos en la zona de estudio.

Los suelos en esta zona se caracterizan por tener origen alofónico, su pH es ácido, su capacidad de retener la humedad supera el 100 %; lo que les atribuye características de ser esponjosos. Además, son capaces de poseer una alta fijación de fósforo del 26 al 51 % y tienen un contenido bajo en materia orgánica y aluminio. Se consideran suelos con un índice de fertilidad bajos (GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO PARROQUIAL RURAL SAN JUAN DE MUYUNA, 2014).

3.6.4 Uso y cobertura de suelo.

El uso de suelo actual que predomina en la zona es la agricultura generalmente para siembra de maíz, naranjilla, chonta, yuca, entre otras especies. Además existe una gran presencia de pastizales y cultivos típicos de la zona.

[illegible]

Fuente: (GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO PARROQUIAL RURAL SAN JUAN DE MUYUNA, 2014)

El clima es un componente abiótico clave en la dinámica atmosférica; dicho de otra manera; es el promedio de las condiciones atmosféricas de una zona. Estas condiciones dependen de varios factores tales como: humedad, precipitaciones, temperatura, etc. También depende de la orografía que a su vez ésta es el resultado de la altura, cobertura vegetal y relieve. Todos estos factores influyen para determinar el

clima de la zona; y éste a su vez es un factor clave en el desarrollo de las especies de flora y fauna (GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO PARROQUIAL RURAL SAN JUAN DE MUYUNA, 2014).

En la zona de Muyuna; lugar que contiene a las zonas de la presente investigación, encontramos los siguientes climas:

- Clima tropical mego térmico húmedo: Caracterizado por tener precipitaciones que van desde los 1000 a 2000 mm; se localiza en sectores bajos de las cordilleras. El promedio de temperatura es de 24°C, posee una gran cantidad de humedad relativa que va del 70 al 90 %.
- Clima Mego térmico lluvioso: Posee una temperatura superior al clima tropical térmico húmedo cuyo promedio fluctúa cercano a los 25° C. La temperatura máxima es de 34° C con una pluviosidad de 3000 a 6000 mm. Además, Posee una humedad relativa muy elevada correspondiente al 90 %. Este tipo de clima es común en la mayor parte de la región amazónica ecuatoriana (GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO PARROQUIAL RURAL SAN JUAN DE MUYUNA, 2014).

3.6.6 Humedad Relativa.

Se ha identificado que en la zona de Muyuna existe una alta humedad relativa; siendo los meses más húmedos marzo y junio cuya cifra ronda los 90,27 %.

Los meses más secos son septiembre y octubre con un valor promedio de 87,73 %. Estos datos afirman que el área de estudio está localizada en una zona húmeda. Además, las precipitaciones anuales van desde 3000 a 3500 mm en la zona del Parque

Nacional Colonso Chalupas. Del análisis de los datos climatológicos se desprende que los meses de mayor porcentaje de humedad relativa son los meses de marzo y junio, cuyo valor medio es de 90,27 % de humedad, en cambio los más secos son los de septiembre y octubre con un valor medio de 87,73 %, lo que implica que en la parroquia se mantenga un valor medio mensual de 89,15 % (+/- 0.82), lo cual indica que la zona es húmeda (GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO PARROQUIAL RURAL SAN JUAN DE MUYUNA, 2014).

3.6.7 Distribución forestal en la zona de Muyuna.

La parroquia de Muyuna al estar geográficamente ubicada en presencia de cordilleras y diferentes accidentes geográficos; posee la siguiente distribución en superficie forestal, tal como lo enuncia la Tabla 2

- Bosque Siempre-Verde Andino Montano Bajo (BSVAMB): Es el que se encuentra mayormente en esta zona con 6 365,70 ha que representa el 45,23 % de la superficie total. Su altitud varía de 1 200 a 2 000 m.s.n.m. Se caracteriza por albergar especies de flora de hojas grandes (Sistema Nacional de Información, 2013).
- Bosque Siempre-Verde de Pie Monte (BSVPM): Este bosque cubre una mayor superficie terrestre en comparación con el anterior; ya que posee un total 3 636, 25 ha; lo cual constituye el 19, 66 % de la superficie total. Se encuentra ocupando altitudes que van desde los 800 a 1 300 m.s.n.m. Las especies más representativas de flora son: Podocarpus, Otoba y Ceiba (GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO PARROQUIAL RURAL SAN JUAN DE MUYUNA, 2014).

- Bosque Siempre-Verde de Tierras Bajas (BSVTB): Este bosque se caracteriza por ser la zona florísticamente más diversa de la Amazonía. Se encuentra en altitudes comprendidas hasta los 400msnm y una gran variedad forestal. Se desarrolla sobre áreas no inundadas, con colinas bajas y pendientes pronunciadas (Sistema Nacional de Información, 2013).

Tabla 2. Distribución de los diferentes tipos de ecosistemas

<i>Ecosistemas</i>	<i>Área (Ha)</i>	<i>%</i>
Agua	3,32	0,02
BSVAMB	6 365,70	45,23
BSVM	1 683,05	9,10
BSVPM	3 636, 25	19,66
Zona de intervención	4 808, 42	26, 00
Total	18 496,74	100, 00

Fuente: (GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO PARROQUIAL RURAL SAN JUAN DE MUYUNA, 2014)

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Área de estudio

El estudio fue llevado en conjunto con la Universidad Politécnica Salesiana y la Universidad Regional Amazónica "IKIAM". Por parte de esta última se llevó a cabo el proceso de recolección de muestras, en la Tabla 3 se presentan las fechas de recepción y rangos altitudinales, así como en la Tabla 4 constan coordenadas y profundidades de recolección.

Tabla 3. Fechas de recepción de muestras desde IKIAM.

<i>No. de muestras entregadas</i>	<i>Ecosistema</i>	<i>Rangos Altitudinales</i>	<i>Fecha de recepción de muestras (instalaciones UPS)</i>
9	BOSQUE SIEMPRE-VERDE DE TIERRAS BAJAS	369-395 msnm	05 de abril del 2018
9	BOSQUE SIEMPRE-VERDE DE PIE DE MONTE	911-1181 msnm	22 de mayo del 2018
9	BOSQUE SIEMPRE-VERDE ANDINO MONTANO BAJO	1444-1800 msnm	13 de junio del 2018

Fuente: La investigación

Tabla 4. Coordenadas y profundidades de las muestras receptadas

<i>Ecosistema</i>	<i>No.</i>	<i>Cód.</i>	<i>Latitud</i>	<i>Longitud</i>	<i>Altitud</i>	<i>Profundidad (cm)</i>
BOSQUE SIEMPRE-VERDE DE TIERRAS BAJAS	1	P1 10 COR	-77.2575327	-0.9765686	386	10
	2	P1 20 COR	-77.2575327	-0.9765686	386	20
	3	P1 30 COR	-77.2575327	-0.9765686	386	30
	4	P2 10 COR	-77.2575458	-0.9734722	369	10
	5	P2 20 COR	-77.2575458	-0.9734722	369	20
	6	P2 30 COR	-77.2575458	-0.9734722	369	30
	7	P3 10 COR	-77.2537563	-0.9763018	395	10
	8	P3 20 COR	-77.2537563	-0.9763018	395	20
	9	P3 30 COR	-77.2537563	-0.9763018	395	30
BOSQUE SIEMPRE-VERDE DE PIE DE MONTE	1	P1 10 COR	-77.8857849	-0.9241473	911	10
	2	P1 20 COR	-77.8857849	-0.9241473	911	20
	3	P1 30 COR	-77.8857849	-0.9241473	911	30
	4	P2 10 COR	-77.8839364	-0.9092520	1006	10
	5	P2 20 COR	-77.8839364	-0.9092520	1006	20
	6	P2 30 COR	-77.8839364	-0.9092520	1006	30
	7	P3 10 COR	-77.8908966	-0.9092071	1181	10
	8	P3 20 COR	-77.8908966	-0.9092071	1181	20
	9	P3 30 COR	-77.8908966	-0.9092071	1181	30
BOSQUE SIEMPRE-VERDE ANDINO MONTANO BAJO	1	P1 10 COR	-77.9082599	-0.9330021	1444	10
	2	P1 20 COR	-77.9082599	-0.9330021	1444	20
	3	P1 30 COR	-77.9082599	-0.9330021	1444	30
	4	P2 10 COR	-77.9283477	-0.9361859	1564	10
	5	P2 20 COR	-77.9283477	-0.9361859	1564	20
	6	P2 30 COR	-77.9283477	-0.9361859	1564	30
	7	P3 10 COR	-77.9361469	-0.9358267	1800	10
	8	P3 20 COR	-77.9361469	-0.9358267	1800	20
	9	P3 30 COR	-77.9361469	-0.9358267	1800	30

Fuente: La investigación

Los procesos de recolección, recepción, análisis de laboratorio, y análisis de datos fueron realizados entre los meses de abril y octubre del 2018; en los bosques de Napo, instalaciones de la UPS campus Sur, laboratorios de la UPS de los campus Sur y Girón respectivamente.

Las zonas de estudio comprendieron 3 ecosistemas diferentes, Bosque Siempre-Verde de Tierras Bajas, Bosque Siempre-Verde de Pie de Monte y Boque Siempre-Verde Andino Montano Bajo, ubicados dentro de la provincia de Napo, situados en la comunidad Shitig y Reserva Biológica Colonso Chalupas respectivamente, los cuales se presentan cercanos a las localidades de Tena y Archidona. A continuación se presenta un mapa donde se muestra la ubicación de los puntos de muestreo. Entre los puntos de muestreo del Bosque Siempre-Verde Andino Montano Bajo y el Bosque Siempre Verde de Pie de Monte existen 2,667 km; entre el Bosque Siempre-Verde de Tierras Bajas y el Bosque Siempre-Verde de Pie de Monte existen 70,095 km; finalmente entre el Bosque Siempre-Verde de Tierras Bajas y el Bosque Siempre-Verde Andino Montano Bajo existen 72,858 km. Para ello se presenta la Figura 6.

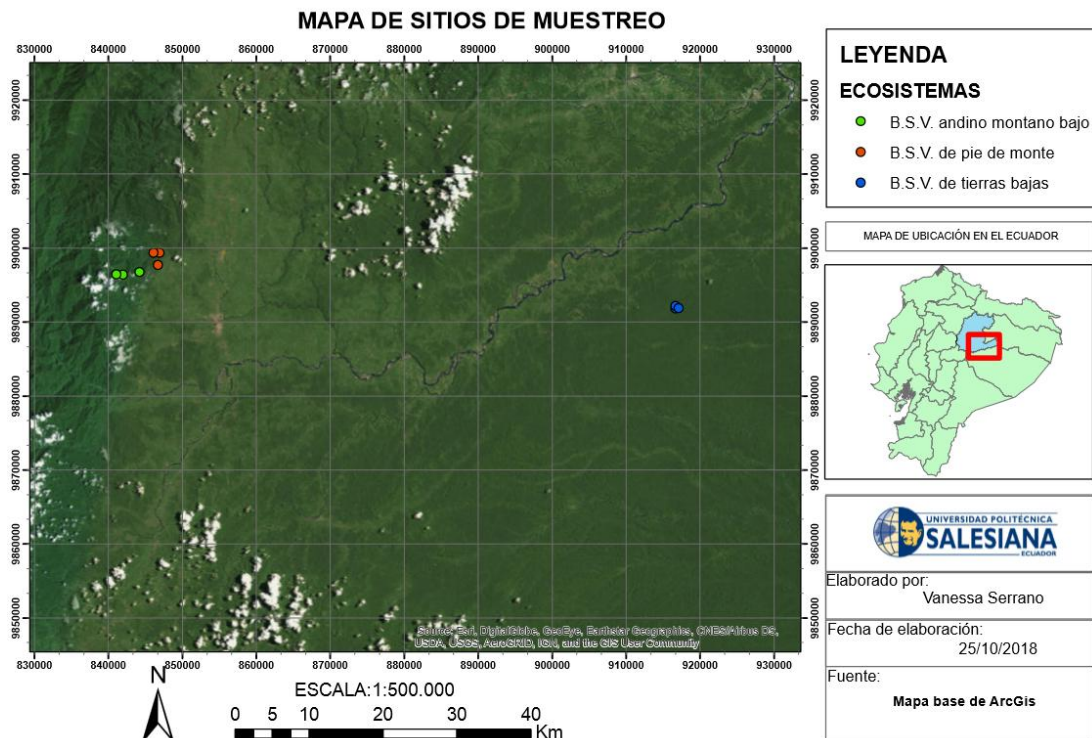


Figura 6. Mapa sitios de muestreo
Fuente: La investigación

4.1.1 Metodología de muestreo de suelo

Para ejecutar los muestreos, se trazó una cuadrícula sobre el área de cada ecosistema, y dentro de ella se tomaron las muestras de forma aleatoria hasta completar 9 muestras. Las 9 muestras fueron divididas en 3 Parcelas (P1, P2, P3) y dentro de cada Parcela se presentaban las 3 profundidades estudiadas (10, 20 y 30 cm). Cada una de las muestras compuestas estaba conformada por 5 submuestras (conglomerados) con un peso no menor a 0.2kg (sumando un peso total no menor a 1kg). Las submuestras fueron mezcladas y homogenizadas para obtener así una muestra compuesta representativa del suelo. Por fines didácticos se presenta la siguiente Figura 7.

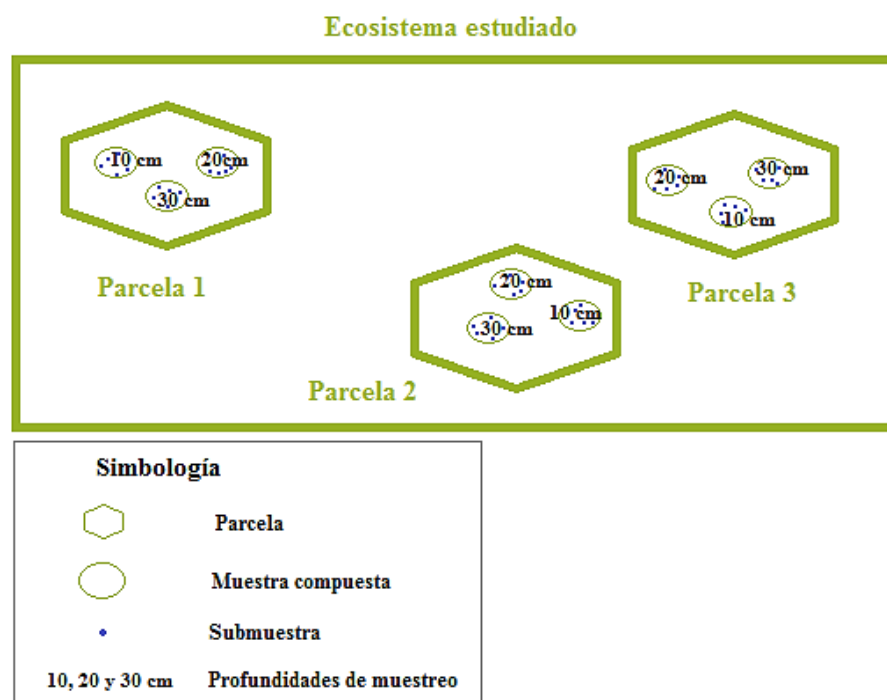


Figura 7. Metodología de muestreo de suelo

Fuente: La investigación

4.2 Materiales y equipos

Los materiales y equipos que fueron utilizados se encuentran identificados y clasificados en las Tablas 5, 6 y 7.

Tabla 5. Fase de Campo, materiales varios que fueron empleados para la recolección de muestras dentro de los 3 ecosistemas estudiados.

	MATERIALES VARIOS
	<i>Empleados en la recolección de muestras</i>
<i>Fase de Campo</i>	Cuaderno de laboratorio
	Esferos
	Lápices
	Cámara fotográfica
	GPS
	Calculadora
	Flexómetro
	Papel aluminio
	Cinta masking
	Fundas herméticas
	Etiquetas adheribles

Fuente: La investigación

Tabla 6. Fase de Laboratorio, materiales y equipos que fueron empleados para los análisis de laboratorio realizados en el Campus Sur, Universidad Politécnica Salesiana

<i>Fase de Laboratorio</i>	
<i>Análisis de laboratorio realizados en el Campus Sur</i>	
<i>MATERIALES</i>	<i>EQUIPOS</i>
<i>Determinación de propiedades Generales del suelo (% de humedad, conductividad y pH agua destilada y KCl)</i>	
Vaso de precipitación 10 ml	Estufa de secado
Crisoles	pH-metro/Conductímetro
Vaso de precipitación 100 mL	Desecador
Probeta	Balanza analítica
Varilla de vidrio	
Mortero	
Vasos de precipitación 50 ml	
Bureta 10ml	
Agitadores	
Matraz aforado varios volúmenes	
Matraz Erlenmeyer	

Determinación de Textura, Método de Bouyoucos Modificado

Vaso de precipitación 100 ml Balanza analítica
Agitadores
Densímetro
Probetas de 1000 ml
Cucharas
Cronómetro

Determinación de Materia Orgánica, método de Walkley & Black

Pipetas de diferentes volúmenes. Balanza analítica
Matraz Erlenmeyer de 500 ml. Equipos de titulación
Buretas de precisión de 25 ml.
Probetas
Vasos
Cronometro
Buretas de precisión de 50 ml.
tamiz 0,25 mm
Frascos Ámbar 150 ml

Determinación de presencia de Alófanos

Probetas Balanza analítica
Vasos de precipitación 100 ml pH metro
Cucharas
Agitadores

Determinación de Acidez Intercambiable $Al^+ H$

Probeta graduada de 1000 ml Balanza (precisión 0.001 g)
Vasos precipitados (50 ml) pH metro
Papel filtro No. 42 Equipo de titulación
Agitador

Fuente: La investigación

Tabla 7. Fase de Laboratorio, equipos y materiales que fueron empleados en los análisis de laboratorio realizados en el Campus Girón, Universidad Politécnica Salesiana.

Fase de Laboratorio	
Análisis de laboratorio realizados en el Campus Girón	
EQUIPOS	MATERIALES
Determinación de Fósforo (P) en suelos, Método Bray y Kurtz	
Balanza	Vasos de precipitación de 100 ml
pH metro	Cucharas de medición
Agitador magnético	Vasos de precipitación de 500 o 400 ml
Espectrofotómetro	Probetas 50 ml
Agitador orbital	Probetas 10 ml
	Pipeta de 10 ml.
	Pipeta de 5 ml.
	Peras de laboratorio
	Pisetas plásticas
	Vasos de precipitación de 40, u 80, 100 ml
	Celdas para espectrofotómetro
	Gradillas para celdas del espectrofotómetro
Determinación del contenidos de Hierro (Fe), extraído con oxalato ácido y pirofosfato	
Balanza Analítica	Cucharas de medición
Equipo de AAS	Vasos de precipitación de 80, 100 ml
Agitador orbital	Probetas 50 ml
Centrifuga	Probetas 10 ml
pH metro	Pipeta de 10 ml.
	Pipeta de 25 ml.
	Peras de laboratorio
	Embudos
	Tubos cónicos para centrifuga Falcon 50ml
	Pisetas plásticas
	Micro pipetas de 5ml
	balones de 25 ml
	Papel filtro Whatman No. 42
	Gradillas para tubos Falcon
Determinación de Nitrógeno Total Suelos, método Kjeldahl	
Balanza Analítica	Cucharas de medición
Equipo Kjeldahl	Vasos de precipitación de 80, 100 ml
Sorbona o equipo de extracción de gases.	Probetas 50 ml
pH meter	Probetas 10 ml
	Matraz Erlenmeyer 100 ml
	Soporte universal y pinza doble lado
	bureta graduada 0.50 ml
	Matraz Erlenmeyer 1000 ml y 2000ml

Fuente: La investigación

4.3 Metodologías

Las metodologías para el análisis de las muestras de suelo se dividieron en 2 categorías acorde a los parámetros físicos y químicos considerados, tal como se muestra en la Tabla 8.

Tabla 8. Análisis realizados acorde a parámetros físicos y químicos.

<i>Parámetros Físicos</i>	<i>Parámetros Químicos</i>
Humedad	Ac. Intercambiable
pH	Fósforo
Conductividad	Alófanos
Textura	Nitrógeno total
	Materia Orgánica
	Hierro

Fuente: La investigación

4.3.1 Determinación de porcentaje de Humedad.

La metodología para obtener el contenido de humedad mediante gravimetría en las 27 muestras de suelo que fueron analizadas se basaron en los métodos desarrollados por Klimes-Szmik y Hillel en 1970 y 1990 respectivamente (Klimes-Szmik, 1970; Hillel, 1998).

4.3.1.1 Procedimiento.

Tras obtener el peso del crisol seco y limpio (peso A), este fue llenado con una de las 27 muestras de suelo de la cual previamente fueron retiradas fracciones de materia orgánica (raíces, hojas, etc.) de excesivo tamaño, fue pesado en una balanza analítica previamente tarada y se obtuvo el peso B. Una vez dado este proceso, el crisol con la muestra fue llevado a la estufa y se dejó secar por 24h a 105°C (Bautista, Mátyás, Carpio, Vilches, & Pazmiño, 2017) (Singla, y otros, 2018). Pasadas las 24h se pesó nuevamente

el crisol, ahora con la muestra seca y se obtuvo el peso C. Este proceso se llevó a cabo para cada una de las 27 muestras analizadas.

La determinación de humedad de suelos respondió a la aplicación de la siguiente fórmula, pudiendo obtener los resultados en porcentaje, para facilitar la manejabilidad de los mismos.

$$\% \text{ Humedad en suelos} = \frac{(B - A) - (C - A)}{B - A} * 100$$

Ecuación 1. % de Humedad en Suelos

Siendo:

A: Peso de la crisol seco y limpio

B: Peso de la crisol seco y limpio + muestra de suelo húmeda

C: Peso de crisol seco y limpio + muestra de suelo seca

Cabe destacar que antes de los análisis descritos a continuación, se llevaron a cabo los procesos de secado, molido y tamizado (MESH de 2mm) de las 27 muestras recibidas desde IKIAM.

4.3.2 Determinación de pH y Conductividad.

Se muestra a continuación la metodología que fue empleada para determinar el potencial de hidrógeno y la conductividad eléctrica dentro de las 27 muestras de suelo analizadas.

4.3.2.1 **Procedimiento.**

Respetando una relación 1:1 se realizó la disolución de 20g de suelo en 20 ml de agua destilada o cloruro de potasio (KCl) y se dejó reposar por 30 min. Con el agua destilada se realizaron las mediciones de pH y conductividad; y con el fin de evitar

variaciones en la medición de pH por razones inherentes al proceso de dilución y concentración de sales se empleó el electrolito KCl en lugar del agua destilada (Universidad de Chile, 2015; Chicaiza, 2001). Con el pH-metro/ conductímetro calibrados se realizaron 3 mediciones por cada muestra, cabe recalcar que entre cada nueva medición se agitaron las diluciones y se lavó el electrodo con abundante agua destilada.

4.3.3 Determinación de Textura.

Se muestra a continuación el procedimiento que fue empleado para determinar la textura de cada una de las 27 muestras de suelos, la metodología desarrollada se basó en el método modificado de Bouyoucos (Mátyás, y otros, 2018).

4.3.3.1 *Procedimiento.*

Tras pesar 50g de muestra seca y añadir 40ml de hidróxido de sodio 0.1N se dejó reposar la mezcla por 24h en vasos de precipitación. Terminado este periodo las mezclas fueron agitadas durante 10 min e inmediatamente después, la mezcla obtenida fue trasvasada a probetas de 1000ml y aforadas con agua destilada, tras ello se agitó por 20 segundos y seguidamente se realizó la primera medición con el densímetro (40 segundos después de haber sido introducido dentro de la probeta). Después de obtener la primera medición fue necesario retirar el densímetro de la probeta (que contenía la muestra que estaba siendo analizada); se dejó reposar 2 horas la muestra y se tomó a continuación la segunda lectura, así mismo a los 40 segundos de ser introducido el densímetro (dentro de la probeta) (Mátyás, y otros, 2018).

Las texturas de las 27 muestras de suelos fueron definidas a partir de la aplicación de las siguientes fórmulas:

$$\% \text{ de ARENA} = 100 - \text{Lectura 1} * 2$$

Ecuación 2. % de arena

$$\% \text{ de ARCILLA} = \text{Lectura 2} * 2$$

Ecuación 3. % de arcilla

$$\% \text{ de LIMO} = 100 - (\% \text{ ARENA} + \% \text{ ARCILLA})$$

Ecuación 4. % de limo

4.3.4 Acidez intercambiable.

Dichos niveles fueron determinados según la metodología modificada, desarrollada por Salinas y García, la cual fue basada en las desarrolladas por Coleman y Thomas; Lin y Coleman; Pratt y Bair (Coleman & Thomas, 1967; Salinas & García, 1979; Lin & N. T., 1960; Pratt & Bair, 1961; Singla, y otros, 2018).

4.3.4.1 **Procedimiento.**

Tras colocar 2.5g de suelo, y agregar 25ml de cloruro de potasio (KCl) 1N, la mezcal se agitó (en un agitador orbital) a 60 rpm durante 15 min. El sobrenadante obtenido fue filtrado con ayuda de papel filtro No. 42. Una vez realizado este proceso, del nuevo sobrenadante obtenido se tomaron 10 ml y a estos se adicionaron 10 ml de agua destilada-desionizada, seguido de 3 gotas de fenolftaleína ($C_{20}H_{14}O_4$) al 0.05%; Finalmente se tituló con hidróxido de sodio (NaOH) al 0.01N (Singla, y otros, 2018).

La determinación de acidez intercambiable de $AL^+ H$ en los suelos analizados respondió a la aplicación de la siguiente fórmula, pudiendo obtener los resultados en miliequivalente por cada 100 g de suelo (meq/100g) ($1 \text{ meq}/100 \text{ g} = 1 \text{ cmol}^+/kg$), para facilitar la manejabilidad de los mismos.

$$\textit{Acidez intercambiable} \left(\frac{\textit{meq}}{100\textit{g suelo}} \right) = \textit{ml de NaOH} * N \textit{ NaOH} * \frac{100}{\textit{peso suelo}}$$

Ecuación 5. Acidez intercambiable

Siendo:

ml de NaOH: ml de NaOH empleados para titular la muestra de suelo preparada.

N NaOH: Normalidad del NaOH.

Peso suelo: gramaje de suelo empleado.

4.3.5 Hierro.

Los contenidos de hierro (Fe) fueron determinados acorde al método modificado de Blakemore (Blakemore, 1981). Cabe recalcar que a dicho método se realizaron adaptaciones propias, las cuales se presentan a continuación.

4.3.5.1 Procedimiento.

Las concentraciones de Fe fueron determinadas mediante el uso de dos soluciones extractantes, una de ellas oxalato ácido de amonio y la segunda pirofosfato de sodio, las cuales son descritas a continuación:

Solución extractante de oxalato ácido de amonio: a 1g de suelo se adicionó 50 ml de oxalato ácido de amonio 0.2M, pH=3 (reactivo empleado: oxalato ácido de amonio monohidratado $(COONH_4)_2.H_2O$). Se revolvió la mezcla obtenida durante 4.5h a 150 rpm (en un agitador orbital); pasado este proceso, se dejó reposar la mezcla por 12h y

posteriormente al sobrenadante obtenido se centrifugó por 15 min a 3500 rpm, finalmente se realizó un doble filtrado con papel filtro No. 42. De la solución filtrada resultante se tomó 10 ml y se aforó con agua destilada-desionizada en un balón de 25 ml. Para llevar a cabo la calibración del equipo (espectrofotómetro de llama) se generó una curva de calibración con 5 puntos, dichos patrones siguieron el mismo procedimiento de preparación que las muestras. Los patrones presentaron las concentraciones finales de 2500ppm, 1250ppm, 625ppm, 312.5ppm y 0ppm (Singla, y otros, 2018).

Solución extractante de pirofosfato de sodio: a 0.5g de suelo se adicionaron 50 ml de solución extractante de pirofosfato de sodio 0.1M (reactivo empleado: pirofosfato de sodio decahidratado $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$). Se revolvió la mezcla obtenida durante 4.5h a 150 rpm en un agitador orbital y al finalizar se dejó reposar durante 24h. Pasado este proceso se centrifugó el sobrenadante obtenido por 15 min a 3500 rpm, a este nuevo sobrenadante se realizó un doble filtrado con papel filtro No. 42. De la solución filtrada resultante se tomó 10 ml y se aforó con agua destilada-desionizada en un balón de 25 ml. Para llevar a cabo la calibración del equipo fue necesario generar (espectrofotómetro de llama) una curva de calibración con 5 puntos, dichos patrones siguieron el mismo procedimiento de preparación que las muestras y llegaron a concentraciones finales de 2500ppm, 1250ppm, 625ppm, 312.5ppm y 0ppm (Singla, y otros, 2018).

4.3.6 Fósforo (P).

Dichas concentraciones fueron determinados acorde a la metodología desarrollada por Díaz-Romeu & Hunter y adaptaciones propias (Díaz-Romeu & Hunter, 1982). Cabe recalcar que para determinar las concentraciones de P se realizaron 3 soluciones con diferentes reactivos, las cuales por fines didácticos se muestran separadamente. Las

cantidades de reactivos presentados fueron calculados para realizar el análisis de las 27 muestras de suelo en cuestión.

4.3.6.1 Solución extractante.

Tras disolver 84 g de NaHCO_3 (bicarbonato de sodio) en agua destilada y paralelamente disolver 7.44 g de disodio E.D.T.A. ($\text{C}_{10}\text{H}_{16}\text{N}_2\text{O}_8$) también en agua destilada, se procedió a mezclar las dos soluciones y llevar a un volumen final de 2 litros con agua destilada. Se comprobó que el pH de la solución fuera de 8.5, de lo contrario se llevó a este valor con gotitas de NaOH 10N (Díaz-Romeu & Hunter, 1982).

4.3.6.2 Solución “A” reactivo concentrado.

Tras disolver 0.06 g de tartrato de potasio y antimonio ($\text{C}_8\text{H}_{10}\text{K}_2\text{O}_{15}\text{Sb}_2$) en 24 ml de agua destilada dentro de un frasco volumétrico de un litro, se añadió despacio mientras se mezclaba, 9.9 ml de ácido sulfúrico concentrado (H_2SO_4) y se dejó enfriar. Paralelamente se disolvió 0.45 g de molibdato de amonio ($(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24}$) en aproximadamente 18 ml de agua destilada. Cuando la primera solución (la de ácido de antimonio) se enfrió, se añadió la solución de molibdato de amonio y se llevó a un volumen de 60 ml con agua destilada (Díaz-Romeu & Hunter, 1982). La presente solución fue guardada en refrigeración para evitar su descomposición.

4.3.6.3 Solución B reactivo de color para fósforo.

El día que se utilizó esta solución, se diluyó 0.4 g de goma de acacia en 170 ml de agua destilada (fue necesario usar calor, ya que tarda en diluirse), paralelamente se diluyó 0.4 g de ácido ascórbico ($\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$) en 85 ml de agua destilada (no fue necesario usar calor). Posteriormente se mezclaron estas dos soluciones y se añadió 60 ml de solución “A”. Finalmente se llevó a aforo la “Solución B reactivo de color para Fósforo” a 400 ml

con agua destilada. La goma se debe ser preparada el día que va a ser utilizada (Díaz-Romeu & Hunter, 1982).

4.3.6.4 Preparación de la solución patrón y patrones de calibración de P.

Se pesó 1.0975 g de fosfato de potasio (KH_2PO_4) y se disolvió en agua destilada hasta un volumen de 250ml (esta solución contenía 1000 ug/ml de P). De esta solución se tomó una alícuota de 3 ml y se llevó a un volumen de 250ml con la solución extractante preparada anteriormente, obteniendo así una concentración final de 12ug/ml de P, el cual representó el 100% de concentración de P. Se tomó esta dilución como referencia para realizar la curva de calibración del espectrofotómetro. La curva de calibración para el espectrofotómetro de absorción atómica contenía 6 diluciones, las cuales se muestran a continuación.

Tabla 9. Diluciones para curva de calibración del espectrofotómetro

Número de dilución	Microlitros empleados de la dilución 12ug/ml de P (ul)	Microlitros empleados de solución extractante (ul)	Porcentaje de concentración del P en la curva (100%)
1	500	1500	25
2	400	1600	20
3	300	1700	15
4	200	1800	10
5	100	1900	5
6	0	2000	0

Fuente: La investigación

Una vez generadas las soluciones acorde a la Tabla 9, a cada una de ellas se añadió 8 ml de agua destilada, posteriormente se sumó 10 ml de la solución “Solución B reactivo de color para Fósforo” y se dejó reposar por 1 hora. Tras ello se tomó 2ml de cada solución resultante y se ubicaron dentro de las cubetas correspondientes y dentro del espectrofotómetro.

4.3.6.5 Procedimiento:

En primer lugar se generó la curva de calibración y fue guardada dentro del espectrofotómetro de absorción atómica, acorde la explicación previa. Para preparar las muestras de suelo fue necesario que, tras colocar a 2.5 g de suelo 25 ml de la solución extractante y agitar por 15 minutos a una velocidad de 150 rpm, del sobrenadante que resultó se tomaron 2 ml y a estos se añadieron 8 ml de agua destilada, posteriormente se agregó 10 ml de la solución “Solución B reactivo de color para Fósforo” y se dejó reposar por 1 hora (Díaz-Romeu & Hunter, 1982). El porcentaje de transmisión en el espectrofotómetro fue medido a una longitud de onda de 680 nm.

4.3.7 Alófanos.

La presencia de Alófanos en las muestras de suelo analizadas, fue determinada según el método de Fieldes-Perrot's (Fieldes & Perrot, 1986).

4.3.7.1 Procedimiento:

Respetando para la primera medición una relación suelo/agua de 1:2, se tomaron 10g de suelo y se sumaron 20ml de agua destilada, se midió el pH; posteriormente se sumaron 20 ml de fluoruro de sodio (NaF) 1M y se midió el pH nuevamente. Para la segunda tanda de mediciones se tomaron 10g de suelo y se adicionaron 25ml de agua destilada, se midió el pH; finalmente se adicionaron 25 ml de fluoruro de sodio 1M y se midió el pH. Para la tercera tanda de mediciones se tomaron 10g de suelo y se adicionaron 25 ml de agua destilada, se midió el pH; posteriormente se sumaron 25ml de fluoruro de sodio 0.5M y se midió el pH.

4.3.8 Nitrógeno total.

Las concentraciones de nitrógeno total fueron determinadas de acuerdo al método de Kjeldahl y modificaciones propias (Kjeldahl, 1883). Por fines didácticos y tomando en cuenta las diferentes soluciones que son empleadas durante la determinación de nitrógeno total se presenta por separado la preparación de cada una de ellas. Los volúmenes y pesos de los reactivos mostrados a continuación han sido calculados para las 27 muestras de suelo analizadas.

4.3.8.1 *Solución de ácido bórico con indicador (al 2%):*

Se pesaron 6.666 g de ácido bórico (H_3BO_3) en un frasco de 500 ml, se adicionó 0.166 litro de agua destilada, se calentó y agitó hasta la completa disolución del ácido. Se enfrió la solución y agregó 8.333 ml de la siguiente mezcla de indicadores; 0.066 g de verde de bromocresol ($\text{C}_{21}\text{H}_{14}\text{Br}_4\text{O}_5\text{S}$) (en presentación sólida, se disolvió en 4.16665 ml de agua destilada), 0.044 g de rojo de metilo ($\text{C}_{15}\text{H}_{15}\text{N}_3\text{O}_2$) disuelto en 83.33 ml de alcohol etílico al 95%. El pH de la solución de ácido bórico con indicador debió ser aproximadamente 5.0, si fuese más ácido se agregó cuidadosamente gotas de NaOH 0.1 N, hasta que la solución adquirió una coloración púrpura rojiza o se alcanzó el pH indicado. Finalmente se aforó a 333.333 ml con agua destilada y se mezcló vigorosamente.

4.3.8.2 *Mezcla de catalizadores:*

Se preparó íntimamente una mezcla de sulfato de potasio (K_2SO_4) y sulfato de cobre (CuSO_4), relación 1:10 (1 g de sulfato de cobre y 10 g de sulfato de potasio) se adicionó 1 g de bióxido de selenio (SeO_2). Para evitar segregación de las partículas de los

componentes, la mezcla fue homogenizada; por ello fue necesario espolvorear los reactivos por separado antes de mezclar, seguidamente se molió todo en un mortero.

4.3.8.3 *Hidróxido de sodio 10N:*

Se pesaron 266.666 g de NaOH en un frasco de plástico de 700ml de capacidad, se añadió 0.333 litros de agua y se agitó hasta que se disolviera, se dejó que la solución se enfríe (el frasco debió estar tapado para evitar la absorción de CO₂ atmosférico), finalmente se aforó a 666.666 ml con agua destilada desionizada.

4.3.8.4 *Ácido sulfúrico 0.05 N estandarizado:*

Se diluyó 2.76 ml de ácido sulfúrico concentrado en 2 litros de agua destilada. Se estandarizó con carbonato de sodio (Na₂CO₃) seco en la estufa a 110°.

4.3.8.5 *Estandarización o titulación del H₂SO₄ 0.05N:*

Se pesó 0.1 g de Na₂CO₃ y se disolvió en 50 ml de agua, con 2 gotas de la mezcla de indicadores. Se tituló con el ácido preparado antes del punto final, se calentó la muestra durante 1 minuto para desalojar el CO₂ formado, se enfrió y se volvió a titular, se anotaron los ml totales de H₂SO₄ gastados.

4.3.8.6 *Procedimiento:*

Los pasos descritos a continuación fueron llevados a cabo con uno o dos blancos, los cuales sirvieron para realizar los cálculos del porcentaje de nitrógeno.

Digestión: Cuando se presumía gran concentración de materia orgánica se trabajaba con 0.5g de muestra, cuando se presumía baja concentración de materia orgánica se trabajaba con 1g de muestra, una vez se determinó este punto se adicionaron 2 g de mezcla de catalizadores. Seguidamente se añadió de 5 ml a 6 ml de ácido sulfúrico

(H₂SO₄) concentrado, se calentaron en la unidad digestora a 380°C por 2 horas, y al finalizar esta etapa se sumaron 15ml de agua destilada a cada tubo Kjeldahl.

Destilación: tras colocar el tubo Kjeldahl con el resultado del proceso de digestión en el equipo de destilación, en el tubo receptor se ubicó un matraz Erlenmeyer de 50 ml, conteniendo 10 ml de la solución de H₃BO₃ más indicadores. Al finalizar la destilación de cada muestra fue necesario limpiar el destilador con agua destilada libre de N.

Titulación: Se realizó con la ayuda del ácido sulfúrico 0.05N previamente estandarizado. El cambio de color dado fue de un tono azul oscuro a un rosado fuerte.

La determinación de nitrógeno total respondió a la aplicación de las siguientes fórmulas, entre ellas, la ecuación empleada para determinar la normalidad exacta del H₂SO₄. La normalidad exacta del H₂SO₄ determinada fue 0.1814 N. El promedio de L empleados en la titulación de los blancos fue 0.0001 L.

$$N \text{ exacta del } H_2SO_4 = \frac{\frac{Na_2CO_3 (g)}{Mn Na_2CO_3 \left(\frac{g}{mol}\right)/i \left(\frac{eq}{mol}\right)}}{V (L)}$$

$$N \text{ exacta del } H_2SO_4 = \frac{\frac{Masa \text{ empleada de } Na_2CO_3 (g)}{Eq \text{ químico del } Na_2CO_3 \left(\frac{g}{eq}\right)}}{V (L)}$$

Ecuación 6. Normalidad exacta del ácido sulfúrico

Siendo:

Na₂CO₃(g) = masa de Na₂CO₃ empleada (g)

Mn Na₂CO₃ = Masa molar de Na₂CO₃ (g/mol)

i= Carga iónica del Na₂CO₃ (eq/mol)

V = volumen gastado en la titulación (L)

$$\% N = \frac{(Vm - Vb) * N * 0.014}{P} * 100$$

Ecuación 7. % de nitrógeno total

Siendo:

V_m = Volumen del H₂SO₄ empleado en titular la muestra (L)

V_b = Volumen del H₂SO₄ empleado en titular el blanco

N = Normalidad exacta del H₂SO₄ (eq/L)

0.014 = Equivalentes gramo del N (g/eq)

P = Peso de la muestra expresada en gramos (g)

4.3.9 Materia Orgánica.

Los contenidos de materia orgánica fueron determinados acorde a las metodologías desarrolladas por Walkley-Black y Walkley (Walkley, A., 1947; Walkley & Black, 1934). Las mismas son explicadas a continuación.

4.3.9.1 **Procedimiento:**

Tras pesar de 0.1 a 0.5 g de suelo según se presume presencia abundante o escasa de materia orgánica respectivamente, se agregó 5 ml de dicromato de potasio (K₂Cr₂O₇) 1N, posteriormente se añadió 10 ml de ácido sulfúrico concentrado al 97% y se agitó muy suavemente con el fin de homogenizar, evitando que el suelo se adhiera a las paredes del recipiente (se sugiere trabajar en un balón aforado de fondo plano por los vapores que desprende las reacciones). Se dejó en reposo por 30min y pasado este periodo se agregó (respetando el siguiente orden de sustancias), 100ml de agua destilada, 5ml de ácido fosfórico (H₃PO₄) al 85% y 20 gotas de difenilamina (C₁₂H₁₁N). Finalmente fue necesario titular el exceso de dicromato mediante la solución de sal de Mohr 0.5 N (para titular las

27 muestras analizadas se empleó alrededor de 250 ml, los reactivos que prepararon la solución fueron, 34.7525g de sulfato de hierro II heptahidratado ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) disuelto en 125ml de agua destilada, 3.75ml de ácido sulfúrico, tras mezclar los dos volúmenes se aforaron con agua destilada a 250ml) el viraje de color se dio de un verde, morado o azul negruzco a un verde claro.

La determinación de materia orgánica respondió a la aplicación de las siguientes fórmulas, entre ellas, la ecuación empleada para determinar el factor de corrección. Para los bosques siempre virgen de tierras bajas y de pie de monte el factor de corrección fue 16.670, a su vez para el bosque siempre verde andino montano bajo fue de 16.66978.

$$f = \frac{\frac{g \text{ K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7}{(\text{Mm K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 / i)}}{L \text{ Sal de Mohr} * N \text{ teórica de la Sal de Mohr}}$$

Ecuación 8. Factor de corrección de la sal de Mohr

Siendo:

$g \text{ K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ = Gramaje de dicromato de potasio empleado (g)

$\text{Mm K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ = Masa molar del dicromato de potasio (g/mol)

i = Carga iónica del dicromato de potasio (eq/mol)

$L \text{ Sal de Mohr}$ = Volumen de sal de Mohr empleada (l)

$N \text{ teórica de la Sal de Mohr}$ = Normalidad teórica de la sal de Mohr (eq/l)

$$\% \text{ **Materia Orgánica** } = \frac{(\text{Vo} * F - V * F) * N * 0,335 * 1,72 * 1,1}{PM} * 100$$

Ecuación 9. % de materia orgánica

Siendo:

Vo = Volumen gastado en la titulación del blanco (L)

F = Factor de corrección de la Sal de Mohr

V = Volumen de titulación de la muestra (L)

N = Normalidad del sulfato de hierro (0.5 eq/L)

0.335 = mg de peso químico equivalente de C en g (g/eq)

1.72 = Constante de conversión de C a MO sobre la hipótesis de que la materia orgánica contiene 58% de C en generalidad de suelos encontrados en el país

1.1 = Error de conversión (10%)

PM = peso de muestra empleada (g)

$$\% \text{ Carbono Orgánico} = \frac{\% \text{ Materia Orgánica}}{1,72}$$

Ecuación 10. Conversión de % de materia orgánica a % de carbono orgánico

% Materia Orgánica = porcentaje de materia orgánica presente en las muestras de suelo analizadas

1.72 = Factor de conversión de materia orgánica a carbono orgánico

4.3.10 Análisis estadístico.

Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) utilizando un arreglo factorial de 3X3 y prueba de Duncan con un valor α de 0.05 a todos los parámetros cuantitativos versus las diferentes altitudes y profundidades estudiadas; usando el software InfoStat (versión 2018e) para determinar el nivel de significancia estadística con los resultados obtenidos durante el proceso de análisis de laboratorio.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se presentan a continuación los resultados obtenidos del análisis estadístico, del trabajo en laboratorio y la respectiva discusión de la presente investigación.

5.1 Carbono orgánico

Una vez realizado el análisis estadístico de Duncan que consta en el Anexo 41, tablas 70, 71, 72 y 73 se determinó que existe una alta significancia estadística en cuanto al porcentaje de carbono orgánico contenido en los 3 tipos de bosques analizados (p-valor:<0.0001); siendo el Bosque Siempre-Vende Andino Montano Bajo el que presenta mayor cantidad carbono orgánico, seguido del Boque siempre-Verde de Pie de Monte, finalmente el Bosque Siempre Verde de Tierras Bajas. En cuanto a la profundidad de recolección de las muestras, se determinó que existe alta significancia estadística (p-valor: <0.0001) presentándose tres grupos de datos: las muestras obtenidas de 0-10 cm tienen mayor porcentaje de carbono orgánico, seguido por las 10-20 cm y por último las muestras de 20-30 cm muestran la menor cantidad de carbono orgánico. Los resultados obtenidos se encuentran similares a los expuestos por Bravo (2017) en su investigación realizada sobre suelos amazónicos ecuatorianos que se titula: “Factors associated with soil fertility in different land uses of the Ecuadorian Amazon Region”.

5.2 Materia Orgánica

Al realizar el análisis estadístico de Duncan que consta en el Anexo 41, tablas 74, 75, 76 y 77 se determinó que existe una alta significancia estadística en cuanto al porcentaje de materia orgánica contenido en los 3 tipos de bosques analizados (p-valor:<0.0001); siendo el Bosque Siempre-Vende Andino Montano Bajo el que presenta

mayor cantidad de materia orgánica, seguido del Boque siempre-Verde de Pie de Monte, finalmente el Bosque Siempre Verde de Tierras Bajas. En cuanto a la profundidad de recolección de las muestras, se determinó que existe alta significancia estadística (p-valor: <0.0001) presentándose tres grupos de datos: las muestras obtenidas de 0-10 cm tienen mayor porcentaje de materia orgánica, seguido por las 10-20 cm y por último las muestras de 20-30 cm son las que menor cantidad de materia orgánica poseen; dichos resultados corroboran los análisis realizados por Bravo (2017) en su publicación realizada sobre suelos amazónicos ecuatorianos que se titula: “Factors associated with soil fertility in different land uses of the Ecuadorian Amazon Region” ya que la cantidad de materia orgánica es similar en ambas investigaciones.

Mediante un análisis de correlación lineal del % Carbono Orgánico vs % Materia Orgánica. Se determinó que existe una correlación positiva perfecta (1), la misma que fue establecida en base a la clasificación de coeficientes de correlación propuesta por Martínez, Tuya, Martínez, Pérez, & Cánovas, (2009).

Las Tablas de resultados 10, 11 y 12, muestran los porcentajes de materia orgánica y carbono orgánico de las 27 muestras de suelo analizadas.

Tabla 10. Materia orgánica y carbono orgánico del Bosque Siempre-Verde de Tierras Bajas

BOSQUE SIEMPRE-VERDE DE TIERRAS BAJAS						
No.	Cód.	V (L)	PM (g)	% MO	%CO	Parcela
1	P1 10 COR	0.0078	0.1	10.565642	6.1428149	P1
2	P1 20 COR	0.0083	0.1	7.9242312	4.6071112	
3	P1 30 COR	0.0063	0.5	3.6979746	2.1499852	
4	P2 10 COR	0.0083	0.1	7.9242312	4.6071112	P2
5	P2 20 COR	0.0085	0.1	6.8676671	3.9928297	
6	P2 30 COR	0.0069	0.5	3.0640361	1.7814163	
7	P3 10 COR	0.0080	0.1	9.5090775	5.5285334	P3
8	P3 20 COR	0.0089	0.1	4.7545387	2.7642667	
9	P3 30 COR	0.0073	0.5	2.6414104	1.5357037	

Fuente: La investigación

Tabla 11. Materia orgánica y carbono orgánico del Bosque Siempre-Verde de Pie de Monte

BOSQUE SIEMPRE-VERDE DE PIE DE MONTE						
No.	Cód.	V (L)	PM (g)	% MO	%CO	Parcela
1	P1 10 COR	0.0032	0.1	34.866617	20.271289	P1
2	P1 20 COR	0.0072	0.1	13.735334	7.985659	
3	P1 30 COR	0.0029	0.5	7.290292	4.238542	
4	P2 10 COR	0.0044	0.1	28.527232	16.585600	P2
5	P2 20 COR	0.0078	0.1	10.565642	6.142814	
6	P2 30 COR	0.0022	0.5	8.029887	4.668539	
7	P3 10 COR	0.0039	0.1	31.168643	18.121304	P3
8	P3 20 COR	0.0061	0.1	19.546437	11.364208	
9	P3 30 COR	0.0006	0.5	9.720390	5.651389	

Fuente: La investigación

Tabla 12. Materia orgánica y carbono orgánico del Bosque Siempre-Verde Andino Montano Bajo

BOSQUE SIEMPRE-VERDE ANDINO MONTANO BAJO						
No.	Cód.	V (L)	PM (g)	MO	%CO	Parcela
1	P1 10 COR	0.0037	0.1	28.635851	16.648751	P1
2	P1 20 COR	0.0040	0.1	27.154686	15.787608	
3	P1 30 COR	0.0008	0.5	8.590755	4.994625	
4	P2 10 COR	0.0009	0.1	42.460055	24.686079	P2
5	P2 20 COR	0.0040	0.1	27.154686	15.787608	
6	P2 30 COR	0.0008	0.5	8.590755	4.994625	
7	P3 10 COR	0.0028	0.1	33.079345	19.232177	P3
8	P3 20 COR	0.0044	0.1	25.179800	14.639419	
9	P3 30 COR	0.0003	0.5	9.084476	5.281672	

Fuente: La investigación

5.3 Humedad

El suelo en la Amazonía Ecuatoriana se caracteriza por ser húmedo tal y como lo describió el GAD de Muyuna (GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO PARROQUIAL RURAL SAN JUAN DE MUYUNA, 2014). Esta información corrobora la investigación realizada; cuyos datos de las Tablas 13,14 y 15 reflejan la presencia de una gran cantidad de humedad. Una vez realizado el análisis estadístico de Duncan que consta en el Anexo 41, tablas 78, 79, 80 y 81 se determinó que existe una alta significancia estadística en cuanto al porcentaje de humedad contenido en los 3 tipos de bosques

analizados (p-valor:<0.0001); siendo el Bosque Siempre-Vende Andino Montano Bajo el que presenta mayor cantidad de humedad, seguido del Boque siempre-Verde de Pie de Monte, finalmente el Bosque Siempre Verde de Tierras Bajas; es así que estos dos últimos presentan un comportamiento similar. . En cuanto a la profundidad de recolección de las muestras, se determinó que existe significancia estadística (p-valor: <0.0016) presentándose dos grupos de datos: las muestras obtenidas de 0-10 cm tienen mayor porcentaje de humedad que las obtenidas de 10-20 y 20-30 cm.

Mediante un análisis de correlación lineal del % Carbono Orgánico vs % Humedad. Se determinó que existe una correlación positiva de tipo fuerte-perfecta (0.7727), la misma que fue establecida en base a la clasificación de coeficientes de correlación propuesta por Martínez y otros, (2009).

Se presenta a continuación las Tablas 13, 14 y 15 que contienen los porcentajes de humedad de las 27 muestras de suelo analizadas.

Tabla 13. Porcentaje de humedad Bosque Siempre-Verde de Tierras Bajas

BOSQUE SIEMPRE-VERDE DE TIERRAS BAJAS						
No.	Cód.	Pesos			% Humedad	Parcelas
		A	B	C		
1	P1 10 COR	26.8	863.4	535.0	39.25412383	P1
2	P1 20 COR	26.3	856.5	539.8	38.14743435	
3	P1 30 COR	26.8	979.7	608.1	38.99674677	
4	P2 10 COR	26.1	916.2	559.6	40.06291428	P2
5	P2 20 COR	26.8	899.9	551.5	39.90379109	
6	P2 30 COR	26.0	941.1	583.2	39.11047973	
7	P3 10 COR	26.3	891.0	513.2	43.69145368	P3
8	P3 20 COR	26.7	958.2	593.5	39.15190553	
9	P3 30 COR	26.4	885.6	560.2	37.87243948	

Fuente: La investigación

Tabla 14. Porcentaje de humedad Bosque Siempre-Verde de Pie de Monte

BOSQUE SIEMPRE-VERDE DE PIE DE MONTE						
No.	Cód.	Pesos			% Humedad	Parcelas
		A	B	C		
1	P1 10 COR	26.2	512.0	244.6	55.04322767	P1
2	P1 20 COR	27.2	653.9	359.2	47.02409446	
3	P1 30 COR	26.9	554.4	322.8	43.90521327	
4	P2 10 COR	26.1	514.8	248.9	54.40965828	P2
5	P2 20 COR	26.9	638.6	354.1	46.50972699	
6	P2 30 COR	26.1	501.4	299.5	42.47843467	
7	P3 10 COR	26.7	564.3	272.8	54.22247024	P3
8	P3 20 COR	26.7	463.8	235.8	52.16197666	
9	P3 30 COR	26.0	623.9	316.4	51.43000502	

Fuente: La investigación

Tabla 15. Porcentaje de humedad Bosque Siempre-Verde Andino Montano Bajo

BOSQUE SIEMPRE-VERDE ANDINO MONTANO BAJO						
No.	Cód.	Pesos			% Humedad	Parcelas
		A	B	C		
1	P1 10 COR	6.2	395.0	142.9	64.84053498	P1
2	P1 20 COR	6.0	378.2	152.8	60.55883933	
3	P1 30 COR	5.9	399.3	168.1	58.76970005	
4	P2 10 COR	6.1	579.5	177.3	70.13933697	P2
5	P2 20 COR	5.8	534.0	195.8	64.03120148	
6	P2 30 COR	6.1	435.6	172.9	61.16129633	
7	P3 10 COR	6.2	384.7	152.9	61.23500502	P3
8	P3 20 COR	6.4	382.7	143.4	63.59287802	
9	P3 30 COR	6.2	386.7	162.5	58.92247043	

Fuente: La investigación

5.4 pH y Conductividad

Una vez realizado el análisis estadístico de Duncan que consta en el Anexo 41, tablas 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88 y 89 se determinó que tanto el pH medido con agua como con KCl tienen significancia estadística en los 3 tipos de bosques ensayados (p-valor agua:<0.0001, p-valor KCl 0.0017); con pH_{agua} se presentan dos grupos de datos, siendo el

primero conformado por el Bosque Siempre-Vende Andino Montano Bajo que presenta mayor pH, seguido del Boque siempre-Verde de Pie de Monte y finalmente el Bosque Siempre Verde de Tierras Bajas; con pH_{KCl} se presentan dos grupos de datos, siendo el primero conformado por el Bosque Siempre-Vende Andino Montano Bajo y Boque siempre-Verde de Pie de Monte que presentan mayor pH, el segundo grupo de datos está conformado por el Bosque Siempre Verde de Tierras Bajas.

En cuanto a la profundidad de recolección de las muestras, pH_{agua} no presenta significancia estadística (p-valor: 0.1336), por cual los valores de pH a las 3 profundidades (0-10, 10-20, 20-30 cm) presentan una tendencia similar. No obstante, pH_{KCl} presenta significancia estadística (p-valor: 0.0359), mostrando un comportamiento diferente entre las profundidades de 0-10 y 20-30 cm. Sin embargo, la profundidad de 10-20 cm mostró una tendencia semejante a las profundidades anteriormente expuestas. A pesar de las diferencias encontradas entre las altitudes analizadas; todas muestran un pH bajo, lo cual concuerda con lo expuesto por Jorgen Korning (1993), quien establece que los suelos amazónicos son de naturaleza predominantemente ácidos.

Mediante un análisis de correlación lineal del % Carbono Orgánico vs pH (agua). Se determinó que existe una correlación positiva escasa o nula (0.1943), la misma que fue establecida en base a la clasificación de coeficientes de correlación propuesta por Martínez y otros, (2009). Mediante un análisis de correlación lineal del % Carbono Orgánico vs pH (KCl). Se determinó que existe una correlación positiva escasa o nula (0.0295), la misma que fue establecida en base a la clasificación de coeficientes de correlación propuesta por Martínez y otros, (2009).

Una vez realizado el análisis estadístico de Duncan que consta en el Anexo 41, tablas 90, 91, 92 y 93 se determinó que existe significancia estadística en cuanto al

análisis de conductividad en los 3 tipos de bosques analizados (p-valor:0.0009); presentándose dos grupos de datos, siendo el Bosque Siempre Verde de Tierras Bajas el que posee mayor conductividad, seguido del Boque siempre-Verde de Pie de Monte y finalmente el Bosque Siempre-Vende Andino Montano Bajo, es así que estos dos últimos presentan un comportamiento similar. En cuanto a la profundidad de recolección de las muestras, se determinó que no existe significancia estadística (p-valor: <0.7228) por lo tanto, presentan similitud en los datos obtenidos. Los resultados obtenidos muestran una tendencia similar a lo presentado por Bravo (2017) en su publicación: “Factors associated with soil fertility in different land uses of the Ecuadorian Amazon Region”; la cual establece rangos similares de datos de conductividad de suelo en suelos amazónicos ecuatorianos.

Mediante un análisis de correlación lineal del % Carbono Orgánico vs Conductividad ($\mu\text{s}/\text{cm}$). Se determinó que existe una correlación negativa débil (-0.3793), la misma que fue establecida en base a la clasificación de coeficientes de correlación propuesta por Martínez y otros, (2009).

Se presenta a continuación las tablas resumen de resultados (Tablas 16, 17, 18, 19, 20 y 21) que contienen el pH determinado con agua destilada y con KCl, así como los valores de conductividad eléctrica determinados con agua destilada de las 27 muestras de suelo analizadas. Los valores presentados son promedios tras realizar 3 repeticiones para cada medición. Los Anexos del 1 al 7 presentan las tablas con los datos brutos obtenidos tras las repeticiones realizadas.

Tabla 16. pH con agua destilada del Bosque Siempre-Verde de Tierras Bajas

BOSQUE SIEMPRE-VERDE DE TIERRAS BAJAS						
No.	Cód.	Con Agua destilada				Parcelas
		\bar{x} de pH	\bar{x} de T °C	\bar{x} de Conductividad $\mu\text{s/cm}$	\bar{x} de T °C	
1	P1 10 COR	4.166	19.1	608	19.1	P1
2	P1 20 COR	4.105	19.1	269	19.1	
3	P1 30 COR	4.169	19.8	166	19.8	
4	P2 10 COR	4.410	19.6	497	19.6	P2
5	P2 20 COR	4.250	19.9	1262	19.9	
6	P2 30 COR	3.647	19.5	938	19.5	
7	P3 10 COR	4.027	19.5	384	19.5	P3
8	P3 20 COR	3.813	19.5	367	19.5	
9	P3 30 COR	4.312	19.6	236	19.6	

Fuente: La investigación

Tabla 17. pH con agua destilada del Bosque Siempre-Verde de Pie de Monte

BOSQUE SIEMPRE-VERDE DE PIE DE MONTE Con agua destilada						
No.	Cód.	\bar{x} de pH	\bar{x} de Temp °C	\bar{x} de Conductividad $\mu\text{s/cm}$	\bar{x} de Temp °C	Parcelas
1	P1 10 COR	3.8057	19.0667	250.3333	19.6000	P1
2	P1 20 COR	4.0047	18.8667	207.3333	18.9000	
3	P1 30 COR	4.1957	19.0667	109.7000	19.6000	
4	P2 10 COR	3.9723	18.3333	202.5667	20.0000	P2
5	P2 20 COR	4.1410	18.6000	120.1667	19.1333	
6	P2 30 COR	4.2523	17.5667	82.4333	17.9333	
7	P3 10 COR	4.2830	17.5333	120.7667	17.8333	P3
8	P3 20 COR	4.4770	17.6333	70.3000	17.3333	
9	P3 30 COR	4.3870	18.6667	47.8000	17.6333	

Fuente: La investigación

Tabla 18. pH con agua destilada del Bosque Siempre-Verde Andino Montano Bajo

BOSQUE SIEMPRE-VERDE ANDINO MONTANO BAJO con agua destilada						
No.	Cód.	\bar{x} de pH	\bar{x} de Temp °C	\bar{x} de Conductividad $\mu\text{s/cm}$	\bar{x} de Temp °C	Parcelas
1	P1 10 COR	4.5267	17.8667	139.7000	17.867	P1
2	P1 20 COR	4.7267	17.6667	63.6333	20.200	
3	P1 30 COR	4.9800	18.4000	30.9333	17.500	
4	P2 10 COR	4.6033	17.3000	74.9000	17.800	P2
5	P2 20 COR	5.1467	17.9667	19.0067	18.033	
6	P2 30 COR	5.1567	19.4667	21.0667	18.433	
7	P3 10 COR	4.3800	117.6333	17.5333	17.533	P3
8	P3 20 COR	4.8667	17.8333	44.4000	17.667	
9	P3 30 COR	4.9900	18.1333	63.2000	19.100	

Fuente: La investigación

Tabla 19. pH con KCl del Bosque Siempre-Verde de Tierras Bajas

BOSQUE SIEMPRE-VERDE DE TIERRAS BAJAS				
<i>No.</i>	<i>Cód.</i>	<i>Con KCl</i>		<i>Parcelas</i>
		\bar{x} de T °C	\bar{x} de pH	
1	P1 10 COR	18.8	3.190	P1
2	P1 20 COR	19.9	3.767	
3	P1 30 COR	19.8	3.844	
4	P2 10 COR	19.6	4.091	P2
5	P2 20 COR	19.7	4.069	
6	P2 30 COR	19.8	3.408	
7	P3 10 COR	20.0	3.571	P3
8	P3 20 COR	19.9	3.428	
9	P3 30 COR	19.9	3.952	

Fuente: La investigación

Tabla 20. pH con KCl del Bosque Siempre-Verde de Pie de Monte

BOSQUE SIEMPRE-VERDE DE PIE DE MONTE Con KCl				
No.	Cód.	\bar{x} de pH	\bar{x} de Temp °C	Parcelas
1	P1 10 COR	3.6003	18.5333	P1
2	P1 20 COR	3.8810	18.8333	
3	P1 30 COR	3.9640	19.2667	
4	P2 10 COR	3.7622	19.3000	P2
5	P2 20 COR	4.0750	19.4667	
6	P2 30 COR	4.2860	19.7000	
7	P3 10 COR	4.1560	19.7000	P3
8	P3 20 COR	4.3960	20.0667	
9	P3 30 COR	4.4853	20.2000	

Fuente: La investigación

Tabla 21. pH con KCl del Bosque Siempre-Verde Andino Montano Bajo

BOSQUE SIEMPRE-VERDE ANDINO MONTANO BAJO Con KCl				
No.	Cód.	\bar{x} de pH	\bar{x} de Temp °C	Parcelas
1	P1 10 COR	4.3767	19.6333	P1
2	P1 20 COR	4.1633	39.5333	
3	P1 30 COR	4.6600	20.4000	
4	P2 10 COR	3.8367	19.5667	P2
5	P2 20 COR	4.4300	19.9000	
6	P2 30 COR	4.7500	20.4667	
7	P3 10 COR	3.7533	21.2667	P3
8	P3 20 COR	4.2767	21.2000	
9	P3 30 COR	4.5600	21.4667	

Fuente: La investigación

5.5 Textura

Los resultados de textura muestran el dominio del suelo de tipo Arena fina; dichos resultados están acorde a lo expuesto por el Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial Rural San Juan de Muyuna (2014) que establece que en la zona existe presencia de suelos arenosos. Estos resultados no difieren en mayor grado a otras

altitudes; excepto en el Bosque Siempre-Verde Andino Montano Bajo que presenta 3 muestras con textura diferente (arena fina arcillosa).

Las Tablas 22, 23 y 24 contienen los resultados obtenidos y muestran seguidamente. Los Anexos del 8 al 28 presentan gráficos de la textura de cada uno de las 27 muestras analizadas.

Tabla 22. Textura del Bosque Siempre-Verde de Tierras Bajas

BOSQUE SIEMPRE-VERDE DE TIERRAS BAJAS									
No.	Cód.	1° Lectura	2° Lectura	Textura				Característica del Suelo	Parcela
				Arena	Arcilla	Limo	Total		
1	P1 10 COR	1.07	1.04	97.86	2.08	0.06	100	Arena fina	P1
2	P1 20 COR	1.08	1.05	97.84	2.10	0.06	100	Arena fina	
3	P1 30 COR	1.08	1.07	97.84	2.14	0.02	100	Arena fina	
4	P2 10 COR	1.08	1.03	97.84	2.06	0.10	100	Arena fina	P2
5	P2 20 COR	1.09	1.06	97.82	2.12	0.06	100	Arena fina	
6	P2 30 COR	1.01	1.06	97.98	2.02	0.00	100	Arena fina	
7	P3 10 COR	1.01	1.04	97.98	2.02	0.00	100	Arena fina	P3
8	P3 20 COR	1.01	1.06	97.98	2.02	0.00	100	Arena fina	
9	P3 30 COR	1.01	1.07	97.98	2.02	0.00	100	Arena fina	

Fuente: La investigación

Tabla 23. Textura del Bosque Siempre-Verde de Pie de Monte

BOSQUE SIEMPRE-VERDE DE PIE DE MONTE									
No.	Cód.	1° Lectura	2° Lectura	Textura				Característica del Suelo	Parcela
				Arena	Arcilla	Limo	Total		
1	P1 10 COR	3.5	1.5	93.0	3.0	4.0	100	Arena fina	P1
2	P1 20 COR	3.5	1.0	93.0	2.0	5.0	100	Arena fina	
3	P1 30 COR	5.5	2.0	89.0	4.0	7.0	100	Arena fina	
4	P2 10 COR	4.0	1.5	92.0	3.0	5.0	100	Arena fina	P2
5	P2 20 COR	4.0	0.5	92.0	1.0	7.0	100	Arena fina	
6	P2 30 COR	3.0	1.0	94.0	2.0	4.0	100	Arena fina	
7	P3 10 COR	4.1	0.5	91.8	1.0	7.2	100	Arena fina	P3
8	P3 20 COR	3.0	2.0	94.0	4.0	2.0	100	Arena fina	
9	P3 30 COR	3.0	1.0	94.0	2.0	4.0	100	Arena fina	

Fuente: La investigación

Tabla 24. Texturas del Bosque Siempre-Verde Andino Montano Bajo

BOSQUE SIEMPRE-VERDE ANDINO MONTANO BAJO									
No.	Cód.	1° Lectura	2° Lectura	Textura				Característica del Suelo	Parcela
				Arena	Arcilla	Limo	Total		
1	P1 10 COR	6.0	1.0	88.0	2.0	10.0	100	Arena fina	P1
2	P1 20 COR	8.0	4.0	84.0	8.0	8.0	100	Arena fina arcillosa	
3	P1 30 COR	4.0	3.0	92.0	6.0	2.0	100	Arena fina	
4	P2 10 COR	1.0	0.5	98.0	1.0	1.0	100	Arena fina	P2
5	P2 20 COR	1.0	0.5	98.0	1.0	1.0	100	Arena fina	
6	P2 30 COR	2.0	1.0	96.0	2.0	2.0	100	Arena fina	
7	P3 10 COR	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	100	Arena fina	P3
8	P3 20 COR	8.0	2.0	84.0	4.0	12.0	100	Arena fina arcillosa	
9	P3 30 COR	10.0	2.0	80.0	4.0	16.0	100	Arena fina arcillosa	

Fuente: La investigación

5.6 Acidez intercambiable $Al^+ H$

Una vez realizado el análisis estadístico de Duncan que consta en el Anexo 41, tablas 94, 95, 96 y 97 se determinó que existe significancia estadística en cuanto a la capacidad de acidez intercambiable $Al^+ H$ presente en los 3 tipos de bosques analizados (p-valor:0.0003); presentándose dos grupos de datos siendo el Bosque Siempre-Verde de Tierras Bajas aquel que mayor acidez intercambiable $Al^+ H$, a diferencia del Boque Siempre-Verde de Pie de Monte seguido del Bosque Siempre-Vende Andino Montano Bajo que presentan comportamiento similar. En cuanto a la profundidad de recolección de las muestras, se determinó que no existe significancia estadística (p-valor: 0.8503) presentando todos comportamientos de datos similares a las 3 profundidades estudiadas. En la bibliografía analizada no existe datos reportados con respecto a análisis de acidez intercambiable en suelos amazónicos a diferentes profundidades; sin embargo, los

resultados obtenidos de acidez intercambiable $\text{Al}^+ \text{H}$ a diferentes altitudes, corresponden a la información reportada por el Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial Rural San Juan de Muyuna (2014) en su plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial.

Mediante un análisis de correlación lineal del % Carbono Orgánico vs Acidez intercambiable $\text{Al}^+ \text{H}$ (meq/100g suelo). Se determinó que existe una correlación negativa débil -0.3677), la misma que fue establecida en base a la clasificación de coeficientes de correlación propuesta por Martínez y otros, (2009).

Se presentan a continuación las tablas de resultados de acidez intercambiable $\text{Al}^+ \text{H}$ divididas según ecosistema (Tablas 25, 26 y 27).

Tabla 25. Acidez intercambiable del Bosque Siempre-Verde de Tierras Bajas

BOSQUE SIEMPRE-VERDE DE TIERRAS BAJAS					
No.	Cód.	Parcelas	NaOH 0.01N (V. ml)	Peso de Suelo analizado (g):	Acidez intercambiable (meq/100g suelo)
1	P1 10 COR	P1	9.5	2.5	3.80
2	P1 20 COR		10.8	2.5	4.32
3	P1 30 COR		9.1	2.5	3.64
4	P2 10 COR	P2	4.6	2.5	1.82
5	P2 20 COR		6.6	2.5	2.62
6	P2 30 COR		19.1	2.5	7.62
7	P3 10 COR	P3	12.7	2.5	5.08
8	P3 20 COR		7.7	2.5	3.06
9	P3 30 COR		3.2	2.5	1.28

Fuente: La investigación

Tabla 26. Acidez intercambiable del Bosque Siempre-Verde de Pie de Monte

BOSQUE SIEMPRE-VERDE DE PIE DE MONTE					
No.	Cód.	Parcelas	NaOH 0.01N (V. ml)	Peso de Suelo analizado (g):	Acidez intercambiable (meq/100g suelo)
1	P1 10 COR		5.0	2.5	2.00
2	P1 20 COR	P1	3.6	2.5	1.42
3	P1 30 COR		2.1	2.5	0.84
4	P2 10 COR		3.1	2.5	1.24
5	P2 20 COR	P2	2.0	2.5	0.80
6	P2 30 COR		1.7	2.5	0.68
7	P3 10 COR		2.0	2.5	0.80
8	P3 20 COR	P3	1.0	2.5	0.40
9	P3 30 COR		0.8	2.5	0.32

Fuente: La investigación

Tabla 27. Acidez intercambiable del Bosque Siempre-Verde Andino Montano Bajo

BOSQUE SIEMPRE-VERDE ANDINO MONTANO BAJO					
No.	Cód.	Parcelas	NaOH 0.01N (ml)	Peso de Suelo analizado (g):	Acidez intercambiable (meq/100g suelo)
1	P1 10 COR		3.8	2.5	1.52
2	P1 20 COR	P1	2.2	2.5	0.88
3	P1 30 COR		1.1	2.5	0.44
4	P2 10 COR		3.4	2.5	1.36
5	P2 20 COR	P2	2.0	2.5	0.80
6	P2 30 COR		1.0	2.5	0.40
7	P3 10 COR		1.5	2.5	0.60
8	P3 20 COR	P3	2.1	2.5	0.84
9	P3 30 COR		1.9	2.5	0.76

Fuente: La investigación

5.7 Hierro

Una vez realizado el análisis estadístico de Duncan que consta en el Anexo 41, tablas 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108 y 109 se determinó que tanto Fe medido con $(C_2H_8N_2O_4)$ como $(Na_4P_2O_7)$ tienen significancia estadística en los 3 tipos de bosques ensayados (p-valor $C_2H_8N_2O_4$: <0.0001, p-valor $Na_4P_2O_7$ <0.001) ambas metodologías de análisis demostraron que el Bosque Siempre-Vende Andino Montano Bajo posee una

mayor cantidad de hierro, seguido del Boque siempre-Verde de Pie de Monte y finalmente el Bosque Siempre Verde de Tierras Bajas ordenados en 3 diferentes grupos de datos. En cuanto a la profundidad de recolección de las muestras, Fe medido con $(\text{C}_2\text{H}_8\text{N}_2\text{O}_4)$ no presenta significancia estadística (p-valor: 0.3345), por cual los valores de Fe a las 3 profundidades (0-10, 10-20, 20-30 cm) muestran una tendencia similar. No obstante, Fe medido con $(\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7)$ presenta significancia estadística (p-valor: 0.0012), mostrando un comportamiento similar entre las profundidades de 0-10, 10-20 cm y diferente en a 20-30 cm de profundidad; dichos datos corroboran la investigación realizada por Bravo (2017) que establece un incremento de hierro conforme incrementa la altitud.

Mediante un análisis de correlación lineal del % Carbono Orgánico vs y Fe $(\text{C}_2\text{H}_8\text{N}_2\text{O}_4)$. Se determinó que existe una correlación positiva débil (0.4618), la misma que fue establecida en base a la clasificación de coeficientes de correlación propuesta por Martínez y otros, (2009). Mediante un análisis de correlación lineal del % Carbono Orgánico vs Fe $(\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7)$. Se determinó que existe una correlación positiva fuerte-perfecta (0.7963), la misma que fue establecida en base a la clasificación de coeficientes de correlación propuesta por Martínez y otros, (2009).

Se presentan a continuación las Figuras 10 y 12 generadas a partir de las curvas de calibración del espectrofotómetro de llama; además de las Figuras 11 y 13 que grafican los resultados de concentración vs absorbancia. Las concentraciones de Fe de las 27 muestras de suelo analizadas con solución extractante de oxalato ácido de amonio y con pirofosfato de sodio se presentan en las Tablas 28, 29, 30, 31, 32 y 33. En los anexos 29 y 30 se presentan los mg de Fe por Kg de muestra.

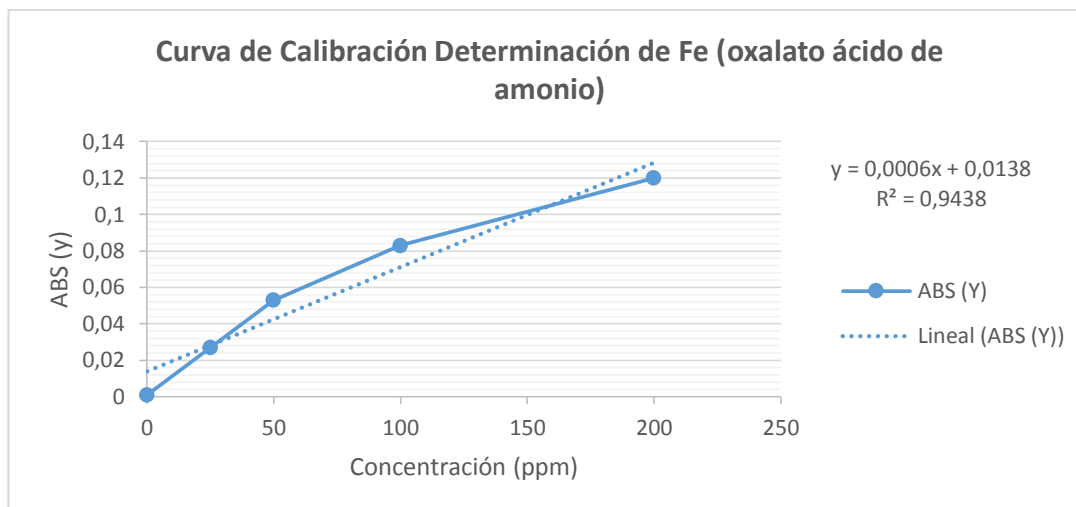


Figura 8. Curva de calibración con oxalato ácido de amonio del espectrofotómetro de llama
Fuente: La investigación

Tabla 28. Concentración y absorbancia de Fe con oxalato ácido de amonio en el Bosque Siempre-Verde de Tierras Bajas

BOSQUE SIEMPRE-VERDE DE TIERRAS BAJAS (oxalato ácido de amonio)				
<i>No.</i>	<i>Cód.</i>	<i>Conc.</i>	<i>ABS.</i>	<i>Parcela</i>
1	P1 10 COR	16.9167	0.0240	P1
2	P1 20 COR	5.6667	0.0172	
3	P1 30 COR	21.2500	0.0266	
4	P2 10 COR	10.2500	0.0200	P2
5	P2 20 COR	11.5833	0.0208	
6	P2 30 COR	12.0833	0.0211	
7	P3 10 COR	22.2500	0.0272	P3
8	P3 20 COR	21.7500	0.0269	
9	P3 30 COR	11.3333	0.0206	

Fuente: La investigación

Tabla 29. Concentración y absorbancia de Fe con oxalato ácido de amonio en el Bosque Siempre-Verde de Pie de Monte

BOSQUE SIEMPRE-VERDE DE PIE DE MONTE (oxalato de amonio)				
No.	Cód.	Conc.	ABS.	Parcela
1	P1 10 COR	52.5833	0.0454	P1
2	P1 20 COR	46.4167	0.0417	
3	P1 30 COR	314.9167	0.2028	
4	P2 10 COR	208.3333	0.1388	P2
5	P2 20 COR	332.9167	0.2136	
6	P2 30 COR	406.5000	0.2577	
7	P3 10 COR	410.3333	0.2600	P3
8	P3 20 COR	244.4167	0.1605	
9	P3 30 COR	365.4167	0.2331	

Fuente: La investigación

Tabla 30. Concentración y absorbancia de Fe con oxalato ácido de amonio en el Bosque Siempre-Verde Andino Montano Bajo

BOSQUE SIEMPRE-VERDE ANDINO MONTANO BAJO (oxalato ácido de amonio)				
No.	Cód.	Conc.	ABS.	Parcela
1	P1 10 COR	485.4167	0.3051	P1
2	P1 20 COR	452.0833	0.2851	
3	P1 30 COR	508.3333	0.3188	
4	P2 10 COR	415.4167	0.2631	P2
5	P2 20 COR	555.0000	0.3468	
6	P2 30 COR	448.3333	0.2828	
7	P3 10 COR	380.9167	0.2424	P3
8	P3 20 COR	360.6667	0.2302	
9	P3 30 COR	414.4167	0.2625	

Nota: La muestra P220COR fue eliminada de la gráfica ya fue considerada un “outlayer” razón por la cual está de color rojo.

Fuente: La investigación

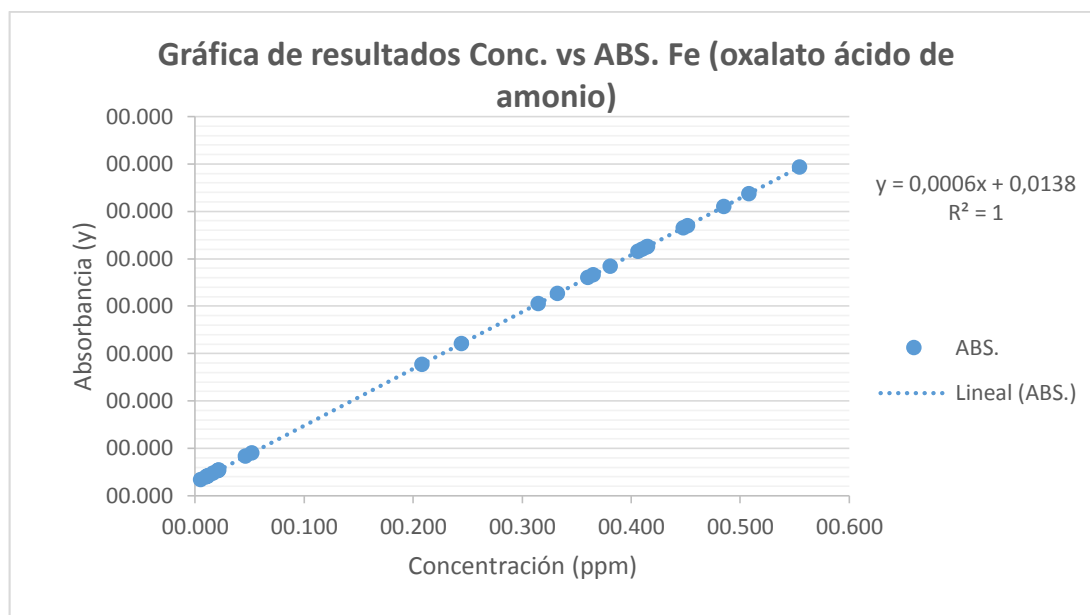


Figura 9. Gráfica de resultados concentración vs absorbancia de Fe con oxalato ácido de amonio
Fuente: La investigación

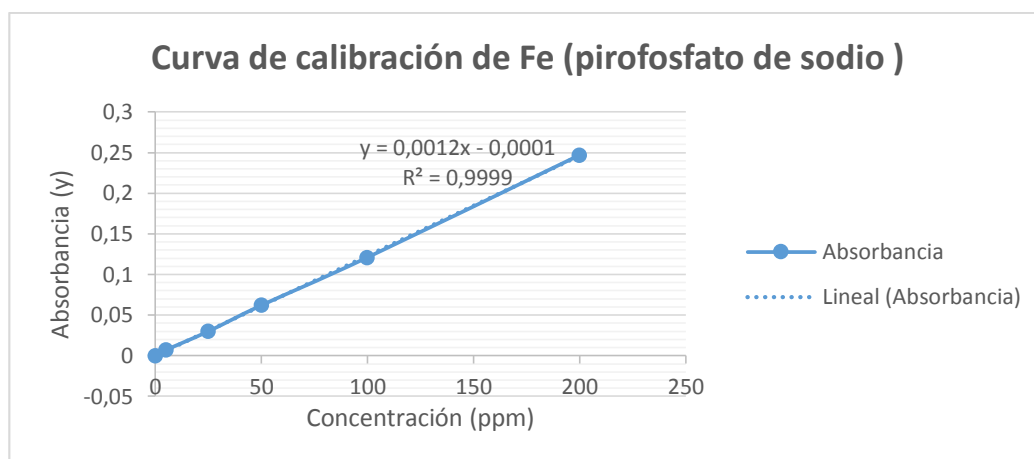


Figura 10. Curva de calibración con pirofosfato de sodio del espectrofotómetro de llama
Fuente: La investigación

Tabla 31. Concentración y absorbancia de Fe con pirofosfato de sodio en el Bosque Siempre-Verde de Tierras Bajas

BOSQUE SIEMPRE-VERDE DE TIERRAS BAJAS (pirofosfato de sodio)				
No.	Cód.	\bar{x} Conc.	\bar{x} ABS.	Parcela
1	P1 10 COR	8.1333	0.0103	P1
2	P1 20 COR	6.9000	0.0900	
3	P1 30 COR	2.7000	0.0037	
4	P2 10 COR	11.1000	0.0140	P2
5	P2 20 COR	5.6333	0.0073	
6	P2 30 COR	11.3333	0.0147	
7	P3 10 COR	17.6000	0.0223	P3
8	P3 20 COR	9.2667	0.0120	
9	P3 30 COR	2.8000	0.0040	

Nota: La muestra P120COR fue eliminada de la gráfica ya fue considerada un “outlayer”

Fuente: La investigación

Tabla 32. Concentración y absorbancia de Fe con pirofosfato de sodio en el Bosque Siempre-Verde de Pie de Monte

BOSQUE SIEMPRE-VERDE DE PIE DE MONTE (pirofosfato de sodio)				
No.	Cód.	\bar{x} Conc.	\bar{x} ABS.	Parcela
1	P1 10 COR	33.8667	0.0420	P1
2	P1 20 COR	29.5000	0.0367	
3	P1 30 COR	26.4667	0.0367	
4	P2 10 COR	23.6000	0.0293	P2
5	P2 20 COR	34.3667	0.0423	
6	P2 30 COR	33.3667	0.0413	
7	P3 10 COR	41.1333	0.0507	P3
8	P3 20 COR	25.5667	0.0320	
9	P3 30 COR	23.6333	0.0297	

Fuente: La investigación

Tabla 33. Concentración y absorbancia de Fe con pirofosfato de sodio en el Bosque Siempre-Verde Andino Montano Bajo

BOSQUE SIEMPRE-VERDE ANDINO MONTANO BAJO (pirofosfato de sodio)				
No.	Cód.	\bar{x} Conc.	\bar{x} ABS.	Parcela
1	P1 10 COR	52.5000	0.0643	P1
2	P1 20 COR	47.6667	0.0583	
3	P1 30 COR	21.6333	0.0273	
4	P2 10 COR	61.5000	0.0753	P2
5	P2 20 COR	58.5333	0.0717	
6	P2 30 COR	37.3333	0.0463	
7	P3 10 COR	56.6000	0.0690	P3
8	P3 20 COR	42.3000	0.0527	
9	P3 30 COR	34.3333	0.0467	

Fuente: La investigación

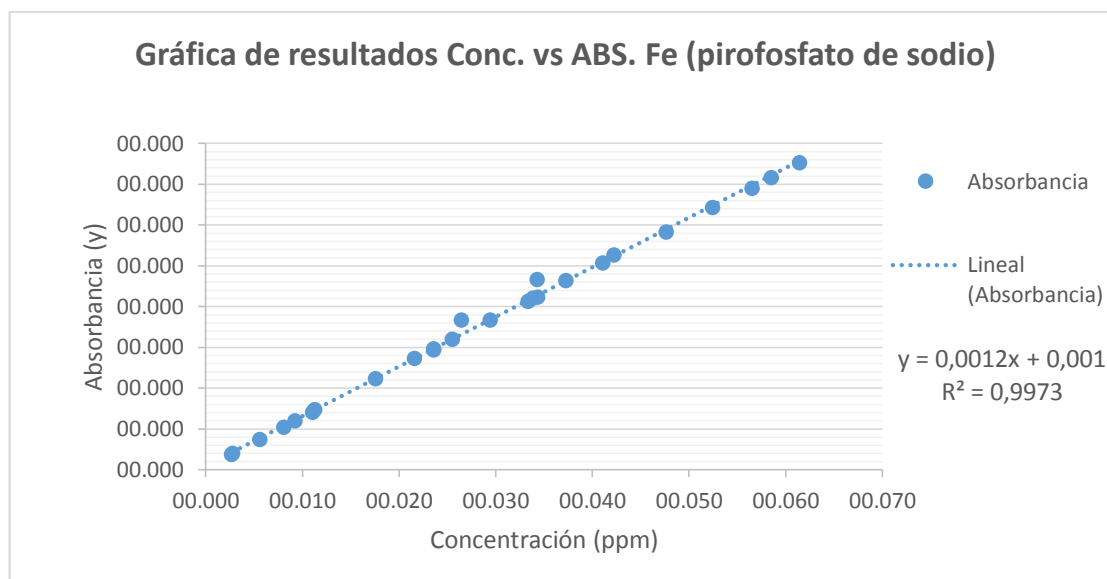


Figura 11. Gráfica de resultados concentración vs absorbancia de Fe pirofosfato de sodio
Fuente: La investigación

Se ha considerado importante el estudio de la relación entre el parámetro de suelo concentración de Hierro y la Acidez intercambiable ya que se ha evidenciado mediante estudios previos que la mayor parte del carbono estable en subsuelos ácidos está asociado con hidróxidos poliméricos de Fe y de Al (Singla, y otros, 2018); lo cual sustenta la presente investigación. Los resultados mostraron que no existe diferencia en concentraciones de Hierro y Acidez intercambiable $Al^+ H$ a diferentes profundidades; sin embargo; mediante el análisis de varianza se determinó que sí existe una variación notoria en las concentraciones de hierro y Acidez intercambiable $Al^+ H$ a diferentes altitudes (Figura 8) (Singla, y otros, 2018). La prueba de Duncan establece 3 rangos de agrupación de datos que se muestran en la Figura 9.

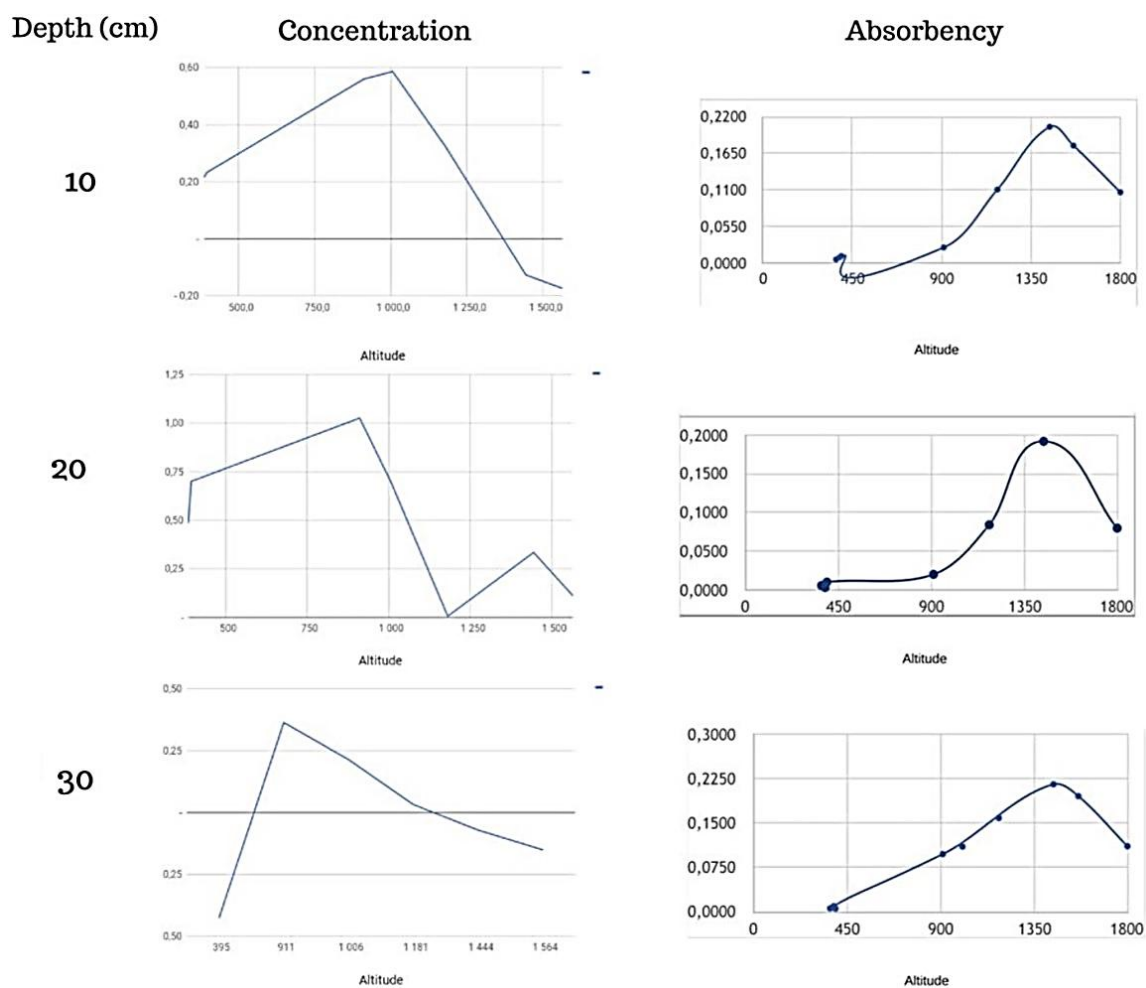


Figura 12. Concentración, absorbancia a diferentes altitudes y profundidades de Fe
Fuente: (Singla, y otros, 2018)

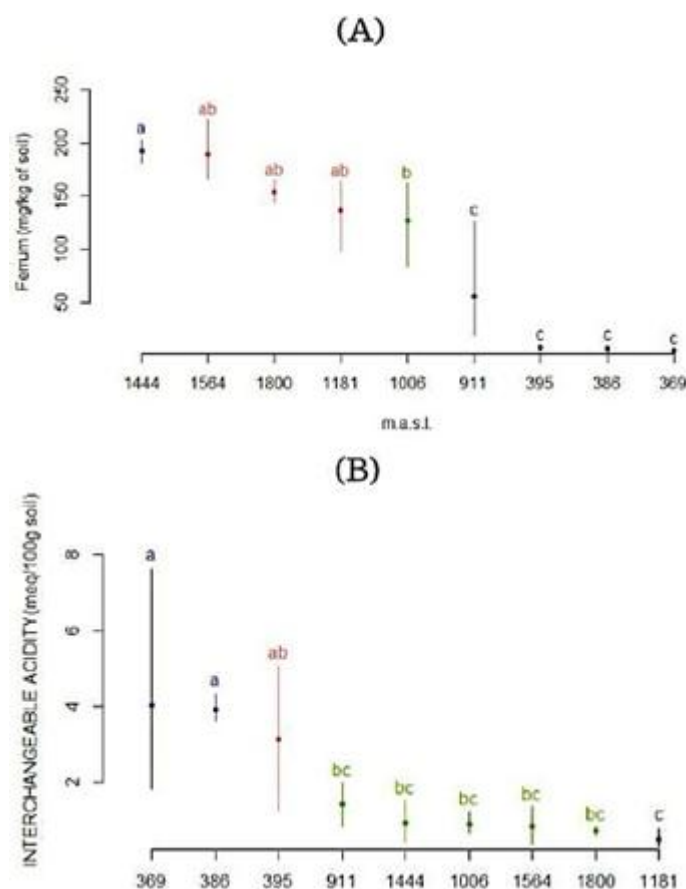


Figura 13. Figura: Variación altitudinal de las concentraciones de hierro y acidez intercambiable
Fuente: (Singla, y otros, 2018)

5.8 Fósforo

Se aplicó el análisis de varianza con el fin de comprender si existen diferencias dentro de las altitudes y profundidades en el parámetro examinado. La prueba de Duncan se utilizó como análisis post-hoc. Los resultados estadísticos muestran que no hay diferencias significativas en el contenido de fósforo dentro de las diferentes profundidades ($p = 0,61$), por el contrario, se pueden observar fuertes diferencias al aplicar ANOVA a diferentes altitudes ($p = 0,0018$) como lo muestra la Figura 14 . Además, los resultados de la prueba de Duncan en la Figura 15 indican la existencia de tres grupos diferentes. Esta información presenta la media y los intervalos de confianza para cualquier altitud individual en los ensayos ($\alpha = 0,95$). La presencia de fósforo y el

incremento del mismo corroboran la investigación del Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial Rural San Juan De Muyuna (2014).

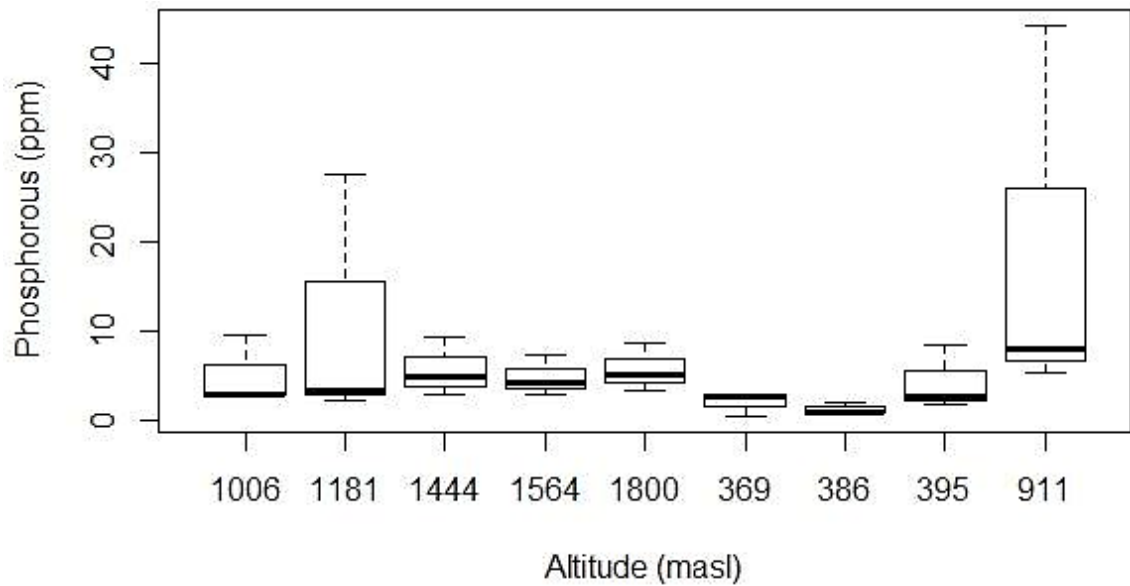


Figura 14. Concentración de fósforo vs altitud. Diferencias significativas en las muestras de suelo
Fuente: La investigación

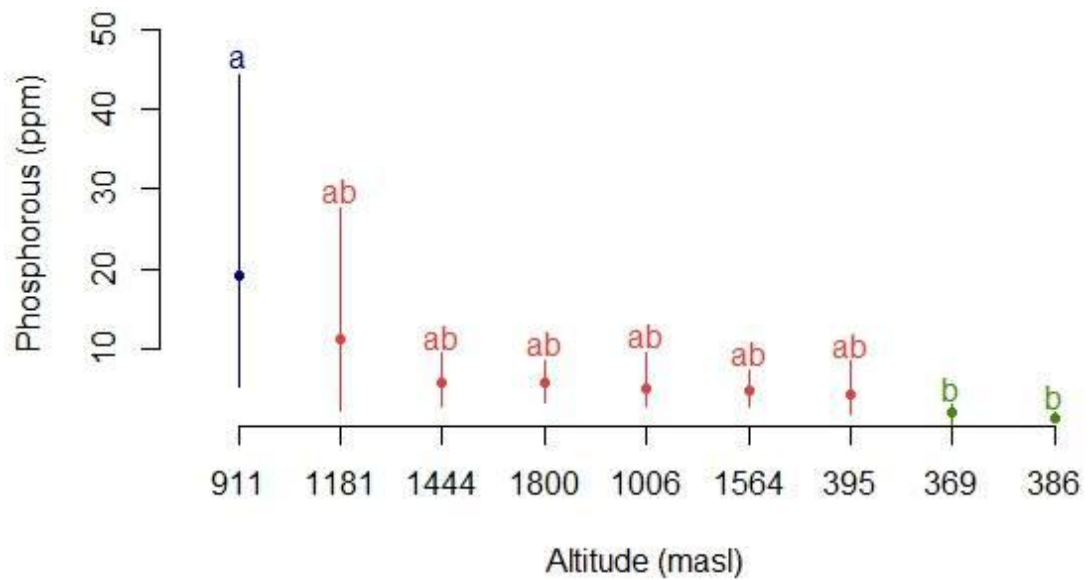


Figura 15. Concentración de fósforo vs altitud
Fuente: La investigación

Se presenta a continuación la gráfica descrita por la curva de calibración realizada para el espectrofotómetro de absorción atómica (Figura 16), a su vez se muestran las Tablas 34, 35 y 36 con los valores de absorbancia y concentración. Los valores obtenidos de concentración son producto de la ecuación resultante de la curva de calibración, y los valores de absorbancia; obtenidos tras realizar las lecturas de las 27 muestras de suelo analizadas en los diferentes ecosistemas, y su respectiva Figura 17. En el anexo 31 se presentan los mg de P por Kg de muestra.

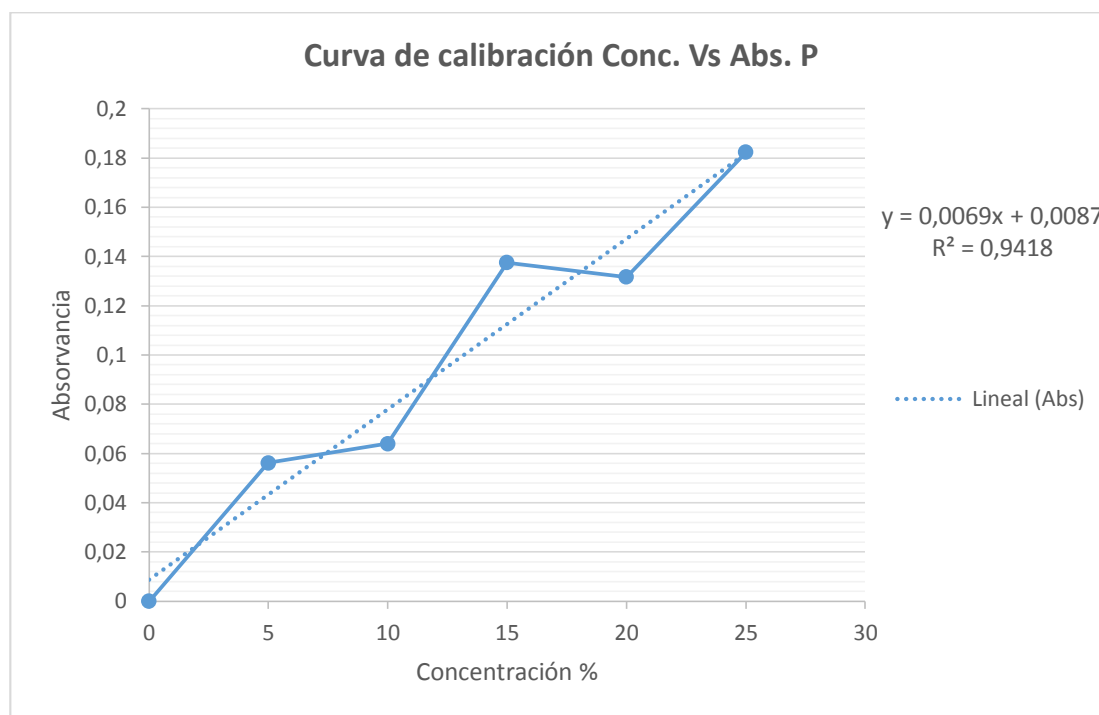


Figura 16. Concentración de fósforo vs altitud
Fuente: La investigación

Tabla 34. Concentración y absorbancia de P en el Bosque Siempre-Verde de Tierras Bajas

BOSQUE SIEMPRE-VERDE DE TIERRAS BAJAS				
No.	Cód.	\bar{x} de ABS (y)	\bar{x} de Concentración (x)	Parcela
1	P100110COR	0.0054	-0.4831	1
2	P100120COR	0.0136	0.7053	
3	P100130COR	0.0060	-0.3913	
4	P200110COR	0.0032	-0.8019	2
5	P200120COR	0.0188	1.4638	
6	P200130COR	0.0199	1.6184	
7	P300110COR	0.0183	1.3865	3
8	P300120COR	0.0585	7.2222	
9	P300130COR	0.0117	0.4348	

Fuente: La investigación

Tabla 35. Concentración y absorbancia de P en el Bosque Siempre-Verde de Pie de Monte

BOSQUE SIEMPRE-VERDE DE PIE DE MONTE				
No.	Cód.	\bar{x} de ABS (y)	\bar{x} de Concentración (x)	Parcela
1	P100210COR	0.3057	43.0483	1
2	P100220COR	0.0544	6.6232	
3	P100230COR	0.0360	3.9517	
4	P200210COR	0.0185	1.4251	2
5	P200220COR	0.0657	8.2657	
6	P200230COR	0.0202	1.6667	
7	P300210COR	0.1911	26.4300	3
8	P300220COR	0.0231	2.0918	
9	P300230COR	0.0157	1.0145	

Fuente: La investigación

Tabla 36. Concentración y absorbancia de P en el Bosque Siempre-Verde Andino Montano Bajo

BOSQUE SIEMPRE-VERDE ANDINO MONTANO BAJO				
No.	Cód.	\bar{x} de ABS (y)	\bar{x} de Concentración (x)	Parcela
1	P100310COR	0.0650	8.1643	1
2	P100320COR	0.0333	3.5604	
3	P100330COR	0.0190	1.4928	
4	P200310COR	0.0502	6.0193	2
5	P200320COR	0.0192	1.5217	
6	P200330COR	0.0295	3.0145	
7	P300310COR	0.0592	7.3188	3
8	P300320COR	0.0352	3.8454	
9	P300330COR	0.0222	1.9614	

Fuente: La investigación

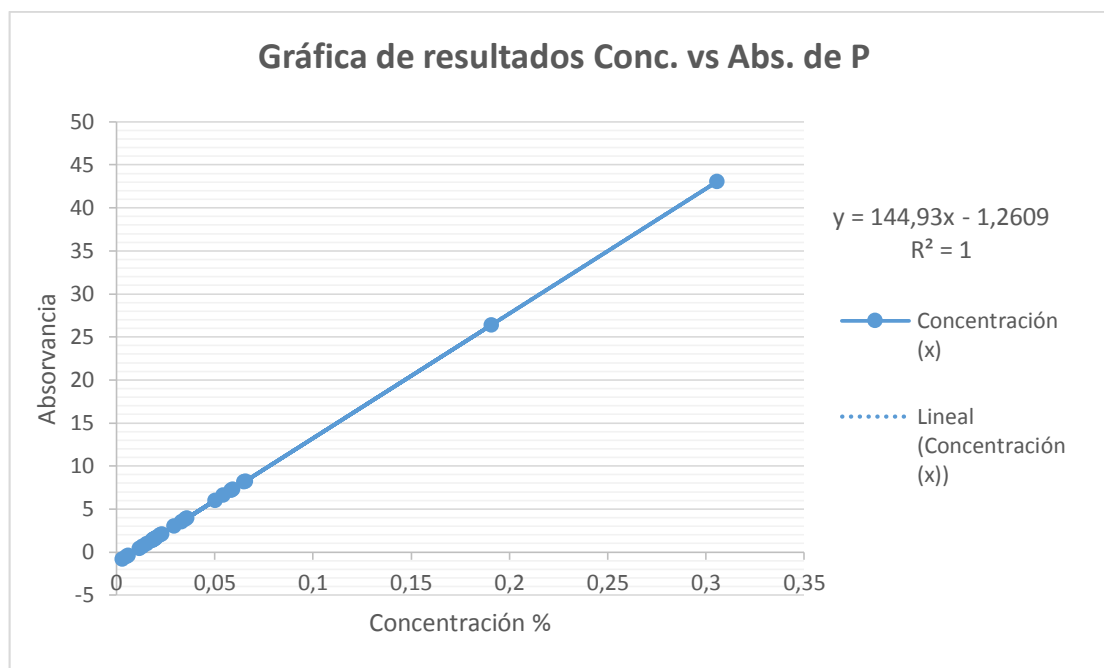


Figura 17. Resultados concentración vs absorbancia de P
Fuente: La investigación

5.9 Alófanos

Los resultados muestran que a altitudes bajas en el Bosque Siempre Verde de Tierras Bajas no existe presencia de alófanos; lo que se traduce en que no son suelos provenientes de origen volcánico (Lizcano, Herrera, & Santamarina, 2006). Sin embargo, los Bosques Siempre-Verde Andino Montano Bajo y Bosque Siempre-Verde de Pie de Monte poseen en su composición alófanos; lo que significa que provienen de origen volcánico. Dichos datos corroboran la información expuesta por el Gobierno Autónomo Descentralizado de Muyuna (2014) que encontró que la mayor parte de suelos a las altitudes estudiadas de los Bosques Siempre-Verde Andino Montano Bajo y Bosque Siempre-Verde de Pie de Monte son alofónicos.

Se presenta a continuación las tablas de resultados que determinan la presencia de alófanos en las 27 muestras de suelo analizadas (Tablas 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44 y 45). Los anexos del 32 al 40 presentan los datos brutos de pH recolectados.

Tabla 37. Presencia de alófanos en el Bosque Siempre-Verde de Tierras Bajas (Muestra + agua + 20 cc NaF 1M)

BOSQUE SIEMPRE-VERDE DE TIERRAS BAJAS								
No.	Cód.	Muestra+ Agua		Origen Volcánico o con presencia de alófanos	Muestra + agua + 20 cc NaF 1M		Origen Volcánico o con presencia de alófanos	Parcela
		Temp. °C	pH		Temp. °C	pH		
1	P1 10 COR	16.6	4.82	No origen volcánico	16.7	8.74	No origen volcánico	P1
2	P1 20 COR	16.8	5.03	No origen volcánico	17.0	9.21	No origen volcánico	
3	P1 30 COR	16.8	4.65	No origen volcánico	17.0	9.11	No origen volcánico	
4	P2 10 COR	16.8	5.11	No origen volcánico	17.0	8.81	No origen volcánico	P2
5	P2 20 COR	16.9	4.63	No origen volcánico	17.0	8.95	No origen volcánico	
6	P2 30 COR	17.1	4.62	No origen volcánico	17.0	8.88	No origen volcánico	
7	P3 10 COR	17.1	3.72	No origen volcánico	17.2	8.19	No origen volcánico	P3
8	P3 20 COR	16.9	4.05	No origen volcánico	16.9	8.70	No origen volcánico	
9	P3 30 COR	17.0	5.02	No origen volcánico	16.9	9.26	No origen volcánico	

Fuente: La investigación

Tabla 38. Presencia de alófanos en el Bosque Siempre-Verde de Tierras Bajas (Muestra + agua + 25 cc NaF 1M)

BOSQUE SIEMPRE-VERDE DE TIERRAS BAJAS								
No.	Cód.	Muestra+ Agua		Origen Volcánico o con presencia de alófanos	Muestra + agua + 25 cc NaF 1M		Origen Volcánico o con presencia de alófanos	Parcela
		Temp. °C	\bar{x} pH		Temp. °C	\bar{x} pH		
1	P1 10 COR	16.4	4.82	No origen volcánico	16.7	9.07	No origen volcánico	P1
2	P1 20 COR	16.9	4.74	No origen volcánico	17.0	9.26	No origen volcánico	
3	P1 30 COR	17.1	4.71	No origen volcánico	17.5	9.37	No origen volcánico	
4	P2 10 COR	17.5	5.20	No origen volcánico	17.7	8.97	No origen volcánico	P2
5	P2 20 COR	17.2	5.16	No origen volcánico	17.2	9.39	No origen volcánico	
6	P2 30 COR	17.2	4.66	No origen volcánico	17.7	9.05	No origen volcánico	
7	P3 10 COR	17.4	4.74	No origen volcánico	17.7	8.75	No origen volcánico	P3
8	P3 20 COR	16.9	4.60	No origen volcánico	18.2	8.96	No origen volcánico	
9	P3 30 COR	17.1	5.21	No origen volcánico	17.5	9.64	Origen Volcánico	

Fuente: La investigación

Tabla 39. Presencia de alófanos en el Bosque Siempre-Verde de Tierras Bajas (Muestra + agua + 25 cc NaF 0.5 M)

BOSQUE SIEMPRE-VERDE DE TIERRAS BAJAS								
No.	Cód.	Muestra+ Agua		Origen Volcánico o con presencia de alófanos	Muestra + agua + 25 cc NaF 0.5 M		Origen Volcánico o con presencia de alófanos	Parcela
		Temp. °C	\bar{x} pH		Temp. °C	\bar{x} pH		
1	P1 10 COR	16.7	5.2100	No origen volcánico	16.9	8.8500	No origen volcánico	P1
2	P1 20 COR	16.8	4.8650	No origen volcánico	16.7	8.9433	No origen volcánico	
3	P1 30 COR	16.8	4.8400	No origen volcánico	17.1	9.0033	No origen volcánico	
4	P2 10 COR	16.5	5.2250	No origen volcánico	17.2	8.6267	No origen volcánico	P2
5	P2 20 COR	16.6	5.1800	No origen volcánico	16.8	9.0700	No origen volcánico	
6	P2 30 COR	16.2	4.7450	No origen volcánico	17.1	8.6467	No origen volcánico	
7	P3 10 COR	16.6	4.7850	No origen volcánico	16.7	8.5200	No origen volcánico	P3
8	P3 20 COR	16.8	4.6750	No origen volcánico	17.0	8.6833	No origen volcánico	
9	P3 30 COR	16.6	5.0750	No origen volcánico	16.9	9.0467	No origen volcánico	

Fuente: La investigación

Tabla 40. Presencia de alófanos en el Bosque Siempre-Verde de Pie de Monte (Muestra + agua + 20 cc NaF 1M)

BOSQUE SIEMPRE-VERDE DE PIE DE MONTE								
No.	Cód.	Muestra+ Agua		Origen Volcánico o con presencia de alófanos	Muestra + agua + 20 cc NaF 1M		Origen Volcánico o con presencia de alófanos	Parcela
		Temp. °C	\bar{x} pH		Temp. °C	\bar{x} pH		
1	P1 10 COR	17.3	5.3467	No origen volcánico	17.3	11.2700	Origen Volcánico	P1
2	P1 20 COR	17.4	5.3367	No origen volcánico	17.4	10.4200	Origen Volcánico	
3	P1 30 COR	17.5	5.4200	No origen volcánico	17.5	10.6800	Origen Volcánico	
4	P2 10 COR	17.5	5.1867	No origen volcánico	17.5	9.7867	Origen Volcánico	P2
5	P2 20 COR	17.1	5.5833	No origen volcánico	17.1	10.6433	Origen Volcánico	
6	P2 30 COR	16.8	5.8300	No origen volcánico	16.8	11.2267	Origen Volcánico	
7	P3 10 COR	17.7	4.8833	No origen volcánico	17.7	9.4633	No origen volcánico	P3
8	P3 20 COR	17.3	5.5500	No origen volcánico	17.3	11.3200	Origen Volcánico	
9	P3 30 COR	17.3	6.2267	No origen volcánico	17.3	11.3233	Origen Volcánico	

Fuente: La investigación

Tabla 41. Presencia de alófanos en el Bosque Siempre-Verde de Pie de Monte (Muestra + agua

BOSQUE SIEMPRE-VERDE DE PIE DE MONTE								
No.	Cód.	Muestra+ Agua		Origen Volcánico o con presencia de alófanos	Muestra + agua + 25 cc NaF 1M		Origen Volcánico o con presencia de alófanos	Parcela
		Temp. °C	\bar{x} pH		Temp. °C	\bar{x} pH		
1	P1 10 COR	17.5	4.8400	No origen volcánico	17.5	9.3867	No origen volcánico	P1
2	P1 20 COR	17.3	5.2467	No origen volcánico	17.3	10.3733	Origen Volcánico	
3	P1 30 COR	17.6	5.3000	No origen volcánico	17.6	10.5167	Origen Volcánico	
4	P2 10 COR	17.4	5.1133	No origen volcánico	17.4	9.6233	Origen Volcánico	P2
5	P2 20 COR	17.3	5.4200	No origen volcánico	17.3	10.9100	Origen Volcánico	
6	P2 30 COR	16.6	5.3800	No origen volcánico	16.6	8.0033	No origen volcánico	
7	P3 10 COR	17.2	5.8500	No origen volcánico	17.2	10.9233	Origen Volcánico	P3
8	P3 20 COR	17.2	6.7767	No origen volcánico	17.2	11.3933	Origen Volcánico	
9	P3 30 COR	17.2	6.0033	No origen volcánico	17.2	11.4233	Origen Volcánico	

Fuente: La investigación

Tabla 42. Presencia de alófanos en el Bosque Siempre-Verde de Pie de Monte (Muestra + agua + 25 cc NaF 0.5 M)

BOSQUE SIEMPRE-VERDE DE PIE DE MONTE								
No.	Cód.	Muestra+ Agua		Origen Volcánico o con presencia de alófanos	Muestra + agua + 25 cc NaF 0.5 M		Origen Volcánico o con presencia de alófanos	Parcela
		Temp. °C	\bar{x} pH		Temp. °C	\bar{x} pH		
1	P1 10 COR	16.7	5.0633	No origen volcánico	16.9	9.1667	No origen volcánico	P1
2	P1 20 COR	16.8	5.1467	No origen volcánico	16.7	9.8667	Origen Volcánico	
3	P1 30 COR	16.8	5.2900	No origen volcánico	17.1	9.9900	Origen Volcánico	
4	P2 10 COR	16.5	5.1133	No origen volcánico	17.2	9.3433	No origen volcánico	P2
5	P2 20 COR	16.6	5.3233	No origen volcánico	16.8	10.2067	Origen Volcánico	
6	P2 30 COR	16.2	5.4567	No origen volcánico	17.1	10.2767	Origen Volcánico	
7	P3 10 COR	16.6	5.5600	No origen volcánico	16.7	10.4200	Origen Volcánico	P3
8	P3 20 COR	16.8	5.7233	No origen volcánico	17.0	10.4733	Origen Volcánico	
9	P3 30 COR	16.6	5.8233	No origen volcánico	16.9	9.6300	Origen Volcánico	

Fuente: La investigación

Tabla 43. Presencia de alófanos en el Bosque Siempre-Verde Andino Montano Bajo (Muestra + agua + 20 cc NaF 1M)

BOSQUE SIEMPRE-VERDE ANDINO MONTANO BAJO								
No.	Cód.	Muestra+ Agua		Origen Volcánico o con presencia de alófanos	Muestra + agua + 20 cc NaF 1M		Origen Volcánico o con presencia de alófanos	Parcela
		Temp. °C	\bar{x} pH		Temp. °C	\bar{x} pH		
1	P1 10 COR	17.2	5.1667	No origen volcánico	17.2	10.7200	Origen Volcánico	P1
2	P1 20 COR	17.2	5.4400	No origen volcánico	17.2	11.5133	Origen Volcánico	
3	P1 30 COR	17.2	5.5600	No origen volcánico	17.2	11.0700	Origen Volcánico	
4	P2 10 COR	17.2	4.9967	No origen volcánico	17.2	10.2300	Origen Volcánico	P2
5	P2 20 COR	17.2	5.5433	No origen volcánico	17.2	10.9833	Origen Volcánico	
6	P2 30 COR	18.1	5.6367	No origen volcánico	18.1	11.1400	Origen Volcánico	
7	P3 10 COR	18.6	4.9200	No origen volcánico	18.6	10.2833	Origen Volcánico	P3
8	P3 20 COR	18.4	5.2300	No origen volcánico	18.4	10.9767	Origen Volcánico	
9	P3 30 COR	17.8	5.4233	No origen volcánico	17.8	11.2167	Origen Volcánico	

Fuente: La investigación

Tabla 44. Presencia de alófanos en el Bosque Siempre-Verde Andino Montano Bajo (Muestra + agua + 25 cc NaF 1M)

BOSQUE SIEMPRE-VERDE ANDINO MONTANO BAJO								
<i>No.</i>	<i>Cód.</i>	<i>Muestra+ Agua</i>		<i>Origen Volcánico o con presencia de alófanos</i>	<i>Muestra + agua + 25 cc NaF 1M</i>		<i>Origen Volcánico o con presencia de alófanos</i>	<i>Parcela</i>
		<i>Temp. °C</i>	<i>\bar{x} pH</i>		<i>Temp. °C</i>	<i>\bar{x} pH</i>		
1	P1 10 COR	18.8	5.1067	No origen volcánico	18.8	10.7433	Origen Volcánico	P1
2	P1 20 COR	18.6	5.4433	No origen volcánico	18.6	10.9733	Origen Volcánico	
3	P1 30 COR	18.5	6.8233	No origen volcánico	18.5	10.9867	Origen Volcánico	
4	P2 10 COR	18.5	5.2933	No origen volcánico	18.5	10.3367	Origen Volcánico	P2
5	P2 20 COR	18.6	5.5733	No origen volcánico	18.6	11.0333	Origen Volcánico	
6	P2 30 COR	18.3	5.5433	No origen volcánico	18.3	11.0500	Origen Volcánico	
7	P3 10 COR	17.5	5.1700	No origen volcánico	17.5	10.4867	Origen Volcánico	P3
8	P3 20 COR	18.6	5.4600	No origen volcánico	18.6	11.1600	Origen Volcánico	
9	P3 30 COR	17.5	5.4933	No origen volcánico	17.5	11.3900	Origen Volcánico	

Fuente: La investigación

Tabla 45. Presencia de alófanos en el Bosque Siempre-Verde Andino Montano Bajo (Muestra + agua + 25 cc NaF 0.5 M)

BOSQUE SIEMPRE-VERDE ANDINO MONTANO BAJO								
No.	Cód.	Muestra+ Agua		Origen Volcánico o con presencia de alófanos	Muestra + agua + 25 cc NaF 0.5 M		Origen Volcánico o con presencia de alófanos	Parcela
		Temp. °C	\bar{x} pH		Temp. °C	\bar{x} pH		
1	P1 10 COR	17.6	5.2833	No origen volcánico	17.6	9.9667	No origen volcánico	P1
2	P1 20 COR	18.4	5.3533	No origen volcánico	18.4	10.2400	Origen Volcánico	
3	P1 30 COR	17.3	5.4833	No origen volcánico	17.3	10.4700	Origen Volcánico	
4	P2 10 COR	16.6	5.0000	No origen volcánico	16.6	9.5733	No origen volcánico	P2
5	P2 20 COR	17.9	5.4967	No origen volcánico	17.9	10.2833	Origen Volcánico	
6	P2 30 COR	17.7	5.5667	No origen volcánico	17.7	10.2800	Origen Volcánico	
7	P3 10 COR	17.4	5.0167	No origen volcánico	17.4	9.6100	Origen Volcánico	P3
8	P3 20 COR	16.7	5.2967	No origen volcánico	16.7	10.2233	Origen Volcánico	
9	P3 30 COR	18.0	5.4700	No origen volcánico	18.0	10.5800	Origen Volcánico	

Fuente: La investigación

5.10 Nitrógeno Total.

El análisis estadístico: test de Duncan mostró que sí hay diferencias significativas en las concentraciones de nitrógeno total a las profundidades estudiadas ($p = <0.0001$) como se muestra en la Figura 18. Por otro lado, al realizar el análisis de este parámetro a diferentes altitudes ($p = 0.0015$) Figura 19, se evidenciaron 2 grupos de datos: siendo el Bosque Siempre-Verde Andino Montano Bajo aquel que presenta mayor cantidad de Nitrógeno; a diferencia de los bosques: Bosque Siempre-Verde de Tierras Bajas y Bosque Siempre-Verde de Pie de Monte que poseen menor concentración de este parámetro (Figura 20). Los resultados obtenidos se encuentran dentro del rango de datos sobre cantidad de nitrógeno presente en suelos amazónicos ecuatorianos presentados por Bravo (2017).

5.10.1 Carbono Orgánica-Nitrógeno.

Relación C / N. Los resultados estadísticos muestran que no hay diferencias significativas en la relación C / N dentro de las diferentes profundidades ($p = 0,61$). Por otro lado, se pueden observar fuertes diferencias al aplicar ANOVA en las altitudes analizadas ($p = 0.005$) (Figura 21). Los resultados de la prueba de Duncan en la Figura 22 resumen los grupos para los parámetros evaluados con respecto a las diferentes altitudes. Esta información presenta la media y los intervalos de confianza para cualquier altitud individual en los ensayos ($\alpha = 0,95$).

Mediante un análisis de correlación lineal del % Carbono Orgánico vs % N. Se determinó que existe una correlación positiva moderada-fuerte (0.5471), la misma que fue establecida en base a la clasificación de coeficientes de correlación propuesta por Martínez y otros, (2009).

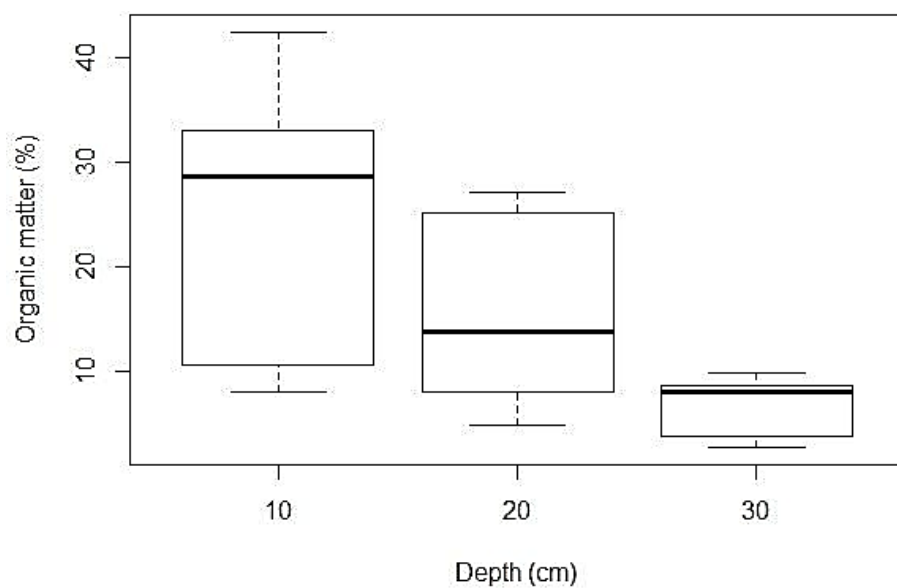


Figura 18. Diferencias en la concentración de materia orgánica con las diferentes profundidades analizadas

Fuente: La investigación

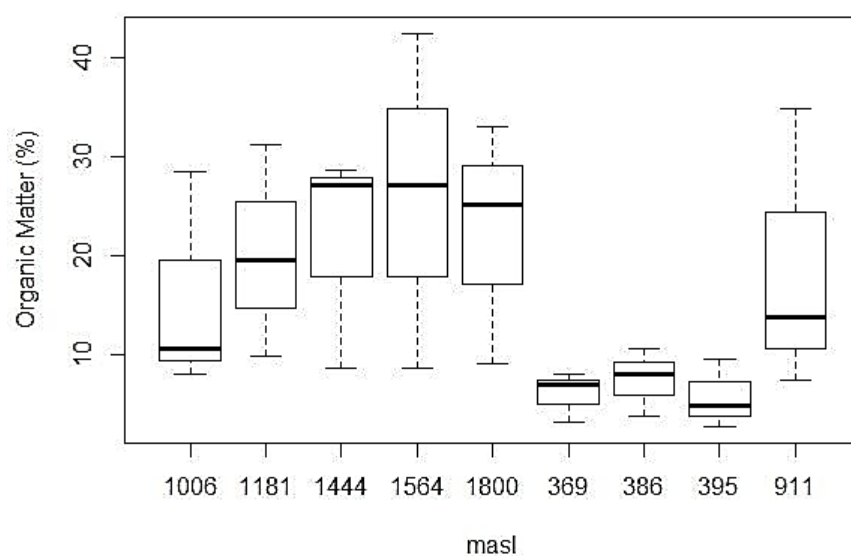


Figura 19. Diferencias en la concentración de materia orgánica dentro de las diferentes altitudes

Fuente: La investigación

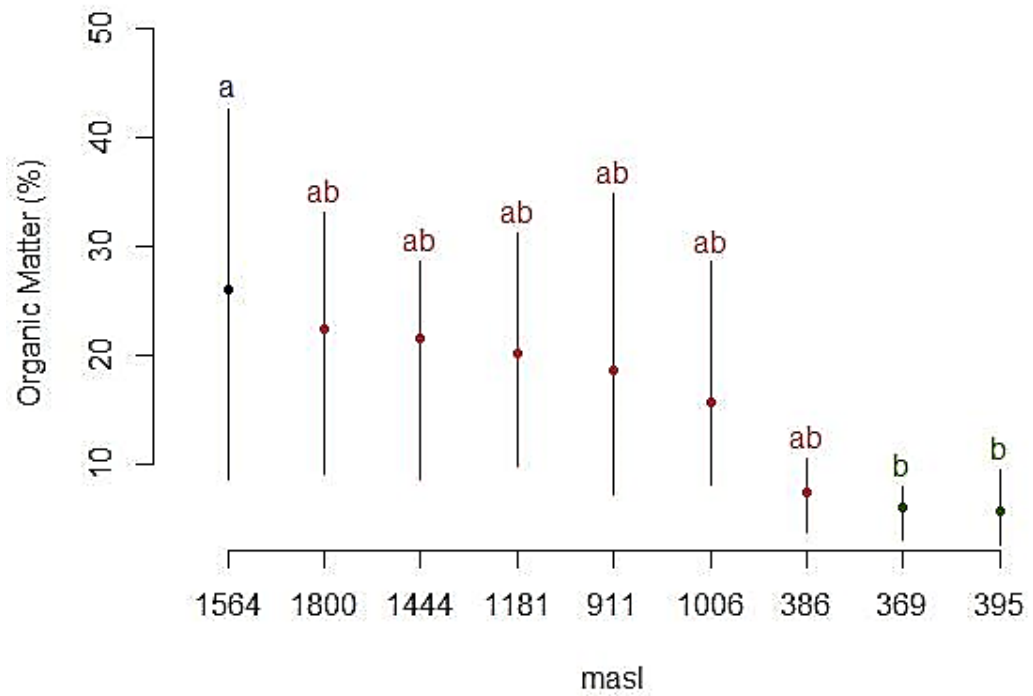


Figura 20. Grupos para los parámetros evaluados con respecto a diferentes altitudes.
Fuente: La investigación

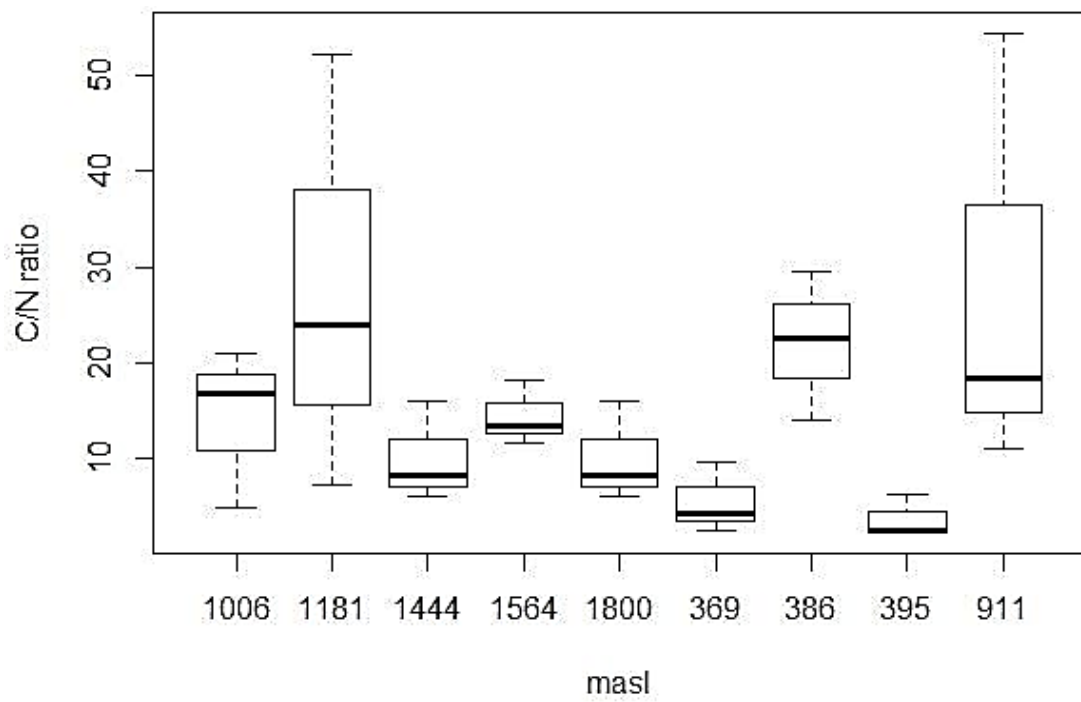


Figura 21. Diferencias en la relación C / N dentro de las diferentes altitudes.
Fuente: La investigación

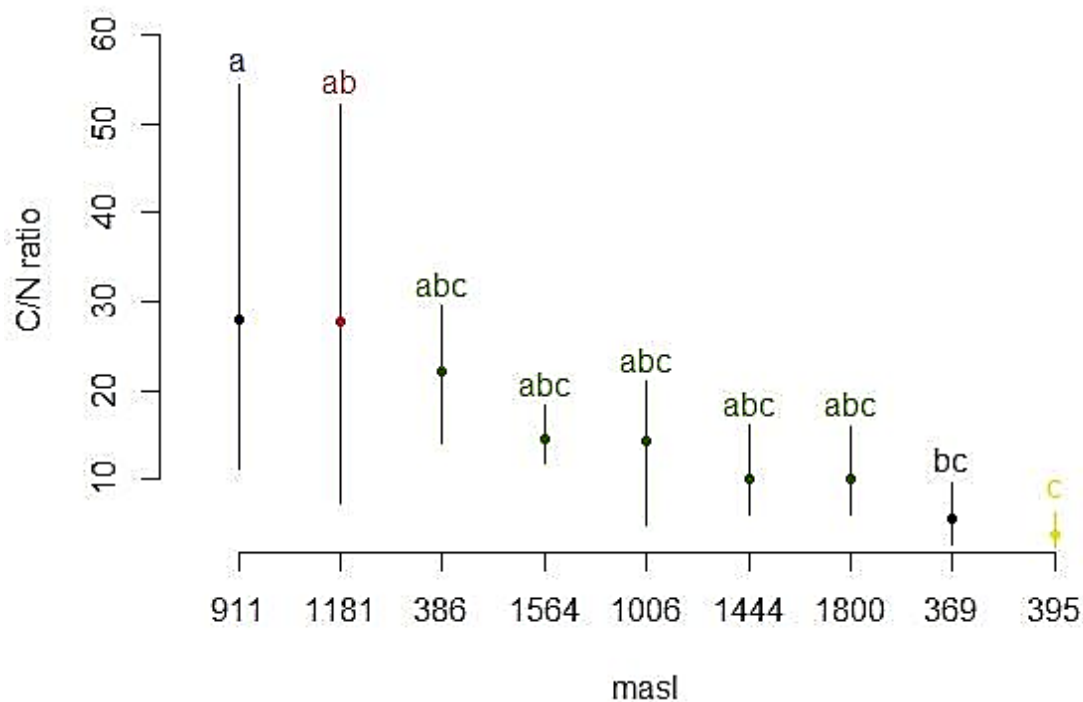


Figura 22. Grupos para los parámetros evaluados con respecto a las diferentes altitudes analizadas
Fuente: La investigación

5.10.2 Nitrógeno Total.

Se presenta a continuación las Tablas de resultados 46, 47 y 48 que contiene el porcentaje de nitrógeno total de las 27 muestras de suelo analizadas.

Tabla 46. % de nitrógeno total del Bosque Siempre-Verde de Tierras Bajas

BOSQUE SIEMPRE-VERDE DE TIERRAS BAJAS					
No.	Cód.	Vm (L)	P (g)	% Nitrógeno	Parcela
1	P1 10 COR	0.000350	0.5	0.120657246	P1
2	P1 20 COR	0.000125	0.5	0.006350381	
3	P1 30 COR	0.000125	1.0	0.003175191	
4	P2 10 COR	0.003300	0.5	1.619347253	P2
5	P2 20 COR	0.001600	0.5	0.755695385	
6	P2 30 COR	0.000250	1.0	0.034927098	
7	P3 10 COR	0.004150	0.5	2.051173188	P3
8	P3 20 COR	0.002175	0.5	1.047812929	
9	P3 30 COR	0.000475	1.0	0.092080530	

Fuente: La investigación

Tabla 47. % de nitrógeno total del Bosque Siempre-Verde de Pie de Monte

BOSQUE SIEMPRE-VERDE DE PIE DE MONTE					
No.	Cód.	Vm (L)	P (g)	% Nitrógeno	Parcela
1	P1 10 COR	0.000550	0.5	0.222263349	P1
2	P1 20 COR	0.001225	0.5	0.565183943	
3	P1 30 COR	0.000425	1.0	0.079379767	
4	P2 10 COR	0.001750	0.5	0.831899962	P2
5	P2 20 COR	0.002275	0.5	1.098615980	
6	P2 30 COR	0.000400	1.0	0.073029386	
7	P3 10 COR	0.000500	0.5	0.196861823	P3
8	P3 20 COR	0.002900	0.5	1.416135049	
9	P3 30 COR	0.000450	1.0	0.085730149	

Fuente: La investigación

Tabla 48. % de nitrógeno total del Bosque Siempre-Verde Andino Montano Bajo

BOSQUE SIEMPRE-VERDE ANDINO MONTANO BAJO					
No.	Cód.	Vm (L)	P (g)	% Nitrógeno	Parcela
1	P1 10 COR	0.005225	0.5	2.597305987	P1
2	P1 20 COR	0.003575	0.5	1.759055644	
3	P1 30 COR	0.000750	1.0	0.161934725	
4	P2 10 COR	0.003950	0.5	1.949567085	P2
5	P2 20 COR	0.002125	0.5	1.022411403	
6	P2 30 COR	0.000600	1.0	0.123832437	
7	P3 10 COR	0.006075	0.5	3.029131921	P3
8	P3 20 COR	0.003275	0.5	1.606646491	
9	P3 30 COR	0.000825	1.0	0.180985869	

Fuente: La investigación

3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

Es necesario nombrar que en base a los análisis realizados se han hecho publicaciones previas de artículos científicos, los cuales por su brevedad no presentan la totalidad del trabajo realizado o de las conclusiones alcanzadas, por lo mismo se vuelve indispensable la realización del presente trabajo de tesis, con el fin de dar a conocer en profundidad la investigación llevada a cabo. Por obvias razones dentro del trabajo se presentaron las citas de dichos artículos científicos.

Se concluye que el Bosque Siempre-Verde Andino Montano Bajo posee mayor cantidad de carbono orgánico seguido por el Bosque Siempre-Verde De Pie De Monte y finalmente el Bosque Siempre-Verde De Tierras Bajas es el que menor cantidad de carbono posee. De esta manera se deduce que a medida que aumenta la altitud, existe mayor almacenamiento de carbono en el componente suelo. Además, el incremento de altitud es directamente proporcional a la presencia de Hierro, Humedad y Materia Orgánica.

No existe variación en los parámetros de suelo: pH medido en agua, Fe, Conductividad y Acidez Intercambiable $Al^+ H$ medidos a diferentes profundidades de: 0-10, 10-20 y 20-30 cm para todos los tipos de bosques analizados: Siempre-Verde De Tierras Bajas, Bosque Siempre-Verde De Pie De Monte y Bosque Siempre-Verde Andino Montano Bajo De La Provincia De Napo

Se determinó que los parámetros que mayormente se correlacionan a la variación de carbono en los 3 tipos de bosques analizados Bosque Siempre-Verde De Tierras Bajas, Bosque Siempre-Verde De Pie De Monte y Bosque Siempre-Verde Andino

Montano Bajo de la provincia de Napo son: Materia Orgánica, Hierro y Nitrógeno.

Siendo la materia orgánica el parámetro que resultaría más eficiente en la determinación de carbono orgánico del suelo en los diferentes pisos altitudinales estudiados por la fuerte correlación que existe entre ambos parámetros.

Del análisis de textura de suelos se concluye que éstas no dependen de las variaciones altitudinales; ya que los resultados corresponden a arena fina para: Bosque Siempre-Verde de Tierras Bajas (369-395 msnm) y Bosque Siempre-Verde de Pie de Monte (911-1181 msnm); sin embargo en el Bosque Siempre-Verde Andino Montano Bajo (1444-1800 msnm) 3 de las muestras analizadas presentaron una textura distinta que corresponde a arena fina arcillosa. Con respecto a la variación en profundidad no hubo diferencias significativas entre las muestras analizadas. Por lo tanto; la aplicación de la metodología de análisis de textura de suelo dio como resultado que la mayor parte de suelos son arena fina.

Con respecto al análisis realizado del fósforo versus la altitud se determinó que no existe una correlación directa, sin embargo, los resultados muestran un aumento en la concentración de este elemento si se compara la altitud más baja correspondiente al Bosque Siempre Verde de Tierras Bajas con el Bosque Siempre-Verde Andino Montano Bajo y el Bosque Siempre-Verde de Pie de Monte. Además se concluyó que el Bosque que mayor cantidad de fósforo contiene es el Bosque Siempre-Verde de Pie de Monte (de altitudes medias).

Una vez realizado el análisis de alófanos se concluye que el Bosque Siempre-Verde de Tierras Bajas no posee suelo de origen volcánico a diferencia de los Bosques Siempre-Verde Andino Montano Bajo y Bosque Siempre-Verde de Pie de Monte que poseen

presencia de alófanos; lo que significa que sí son de origen volcánico. Además; se concluye que a mayor altitud existe presencia de alófanos.

6.2 Recomendaciones

Se recomienda realizar mediciones de pH utilizando agua destilada y KCl debido a que se pueden obtener resultados más precisos por el comportamiento iónico de los suelos amazónicos.

Se recomienda remover restos de materia vegetal en el suelo y posibles elementos que puedan interferir en la fiabilidad de los resultados para todas las metodologías descritas.

Se recomienda realizar una correcta molienda de las muestras secas para el respectivo análisis; evitando así posibles daños en los equipos de laboratorio al momento de emplearlos. Los equipos que requieren mayor cuidado son: equipo de absorción atómica y destilador automático

Para realizar las curvas de calibración y utilizar el equipo de absorción atómica en la metodología de análisis de Hierro se recomienda realizar los estándares de tal manera que abarquen todos los resultados obtenidos en el análisis de las muestras. Si dado un caso una muestra tiene mayor concentración que la solución estándar; se deberá repetir los estándares y ajustarlos para que contengan todos los resultados.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Abraham Lerman, F. T. (2006). *Carbon in the Geobiosphere*. Dordrecht: Springer Science & Business Media.
- Afif, E. (2005). *Dinámica del fósforo en suelos cálcicos de áreas mediterráneas*. Asturias: Gráficas Covadonga.
- Ambiente, M. d. (09 de Diciembre de 2018). *Ministerio del Ambiente*. Obtenido de Ministerio del Ambiente: <http://mapainteractivo.ambiente.gob.ec/portal/>
- Ángel Priego, G. B. (2010). *Propuesta para la generación semiautomatizada de unidades de paisaje*. México: Centro de investigaciones en geografía ambiental.
- Bautista, G., Mátyás, B., Carpio, I., Vilches, R., & Pazmiño, K. (2017). Unexpected results in Chernozem soil respiration while measuring the effect of a bio-fertilizer on soil microbial activity. *F1000Research*, 6: 1950.
- Bastian, P. (2001). *Electrotecnia*. Madrid: Ediciones AKAL.
- Bennington, B. (2009). *Carbon Cycle and climate change*. Canadá: Cengage Learning.
- Blakemore, L. (1981). Methods for chemical analysis of soils. *New Zealand soil bureau scientific report 10A*.
- Bravo, C., Ramírez, A., Marín, H., Torres, B., Alemán, R., Torres, R., . . . Changoluisa, D. (2017). Factors associated with soil fertility in different land uses of the Ecuadorian Amazon Region. *REDVET*, 1-16.

- Bremner, J. (1965). *Total Nitrogen*. Ames: Iowa State University.
- Carlos Nieto, C. C. (2012). *Análisis reflexivo sobre el desarrollo agropecuario sostenible en la amazonía ecuatoriana*. Guayaquil: Grafimarketing.
- Carlos Perdomo, M. B. (2000). Nitrógeno. *Facultad de Agronomía*, 1-74.
- Casper, J. K. (2010). *Greenhouse Gases*. New York: Bang Printing.
- Chicaiza, N. (2001). *Correlación y calibración de métodos de análisis químico y determinación del nivel cítrico del calcio en suelos ecuatorianos*. Quito: Universidad Central del Ecuador.
- Cisneros, D. (2003). *Herpetofauna de la Estación de Biodiversidad Tiputini, Amazonía Ecuatoriana*. Quito: De la Torre, S. & Reck, G. .
- Coleman, N., & Thomas, G. (1967). The basic chemistry of soil acidity. *Soil acidity and liming.*, 1-41.
- David F. Bezdicek, R. I. (1996). Importance of Soil Quality to Health and Sustainable Land Management . *Ohio State University* , 1-7.
- de Boer, W. a. (2001). Nitrification in acid soils: micro-organisms and mechanisms. . *Soil Biol Biochem*, 853–866.
- Díaz-Romeu, R., & Hunter, A. (1982). Técnicas de laboratorio e invernadero para determinar las enmiendas de suelo requeridas para un óptimo crecimiento de las plantas. En R. Díaz-Romeu, & A. Hunter, *Metodología de muestreo de suelos, análisis químico de suelos y tejido vegetal de investigaciones en invernadero*

(págs. 39-43). Turrialba: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza.

FAO. (05 de Diciembre de 2016). Únete Al Planeta. *World soil day*. Obtenido de https://www.youtube.com/watch?v=S_GJgRV9i00

Fieldes, M., & Perrot, K. (1986). “The nature of allophone in soils. Part III: Rapid field and laboratory test for allophone.”. *New Zealand Journal of Science*, 623-629.

Fierer, N. a. (2006). The diversity and biogeography of soil bacterial communities . *Proc Natl Acad Sci USA*, 626–631.

Figuier, L. (1874). *Origen del hombre*. Barcelona: Montaner y Simón Editores.

Gisber Juan, I. S. (2010). *Textura de un suelo*. Valencia: Producción Vegetal.

GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO PARROQUIAL RURAL SAN

JUAN DE MUYUNA. (2014). *PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL DEL GAD PARROQUIAL DE MUYUNA*. Muyuna: GAD Muyuna.

Graeme W. Nicol, S. L. (2008). The influence of soil pH on the diversity, abundance and transcriptional activity of ammonia oxidizing archaea and bacteria. *Environmental Microbiology*, 2966–2978.

Granja, C. (2015). Comparación de los contenidos de carbono entre la Amazonía y los páramos del Ecuador. Obtenido de Repositorio.puce.edu.ec:
<http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/8737>

Héctor Odetti, E. B. (2006). Introducción a la química Inorgánica. Santa Fé: Ediciones UNL.

IKIAM, MAE, UPS. (2017). PROPUESTA COMPLETA PARA LA PRESENTACIÓN DEL PROYECTO: "Almacenamiento de Carbono en tres tipos de bosque de la Región Amazónica Ecuatoriana, provincia de Napo". BECAS ENSAMBLE 2017. Quito, Pichincha.

Hillel, D. (1998). *Environmental Soil Physics 1st Edition Fundamentals, Applications, and Environmental Considerations*. Academic Press.

Instituto Nacional de Ecología. (2000). *Indicadores para la evaluación del desempeño ambiental*. México: SEMARNAP.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. (1991). *Cuaderno de información básica región cofre de Perote*. México: Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática.

Jorgen Korning, K. T. (1993). Characters of three Udults and their relevance to the composition and structure of virgin rain forest of Amazonian Ecuador. *Geoderma*, 145-164.

Klimes-Szmik, A. (1970). A talajok fizikai tulajdonságainak vizsgálata. Talaj és trágyvizsgálati módszerek. En K.-S. A., *Talaj és trágyvizsgálati módszerek* (págs. 83-161).

Kjeldahl, J. (1883). Zeitschrift für analytische Chemie. Zeitschrift für analytische Chem, 22, 366-383.

- León, O. L. (1995). *Propuestas para el mejoramiento de agroecosistemas tipo en la región Purhepecha, Michoacan*. Nuevo León: Universidad Autónoma de Nuevo León.
- Lin, C., & N. T., C. (1960). The Measurement of Exchangeable Aluminum in Soils and Clays. *Soil Science Society of America Journal*, 444-446.
- López, M. (2017). *Métodos de suelos para proyecto Byron Maza*. Quito, Pichincha, Ecuador.
- M. P. Romero, D. M. (2009). BIOINGENIERÍA Y SUELO: ABUNDANCIA MICROBIOLÓGICA, pH Y CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA BAJO TRES ESTRATOS DE EROSIÓN. *Umbral científico*, 67-74.
- Manuel Becerra, H. M. (2007). *El cambio climático: Lo que está en juego*. Bogotá: Gravititas.
- Martínez, M., Tuya, L., Martínez, M., Pérez, A., & Cánovas, A. (2009). EL COEFICIENTE DE CORRELACION DE LOS RANGOS DE SPEARMAN CARACTERIZACION. *Revista Habanera de Ciencias Médicas*, 8(2). Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1729-519X2009000200017
- Martínez, R. C. (2012). *"Propuesta para implementar un programa de aprovechamiento de leña en el Área Natural Protegida Cerro de la Galaxia, en Xalapa Veracruz, México*. Veracruz: Universidad Veracruzana.

- Mátyás, B., Bautista, G., Szarka, M., Serrano, V., Morales, J., Loja, D., . . . Ramírez-Cando, L. (2018). Decision support algorithm for the selection of analytical methods in organic compounds detection for future extraterrestrial exploratory missions. *Electrophoresis*, 39: 2884-2889.
- Mátyás B, Chiluisa Anddrade ME, Yandun Chida NC *et al.* Comparing organic versus conventional soil management on soil respiration. *F1000Research* 2018, 7:258.
- Meir, P., Grace, J., Miranda, A., & Loyd, J. (1996). Soil respiration in rainforest in Amazonia, and cerrado in central Brazil. *Amazonian Deforestation and Climate*, 319-330.
- Ohio State Univeristy. (1982). *Soil pH and lime requirement*. Columbus: Ohio State Univeristy.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2015). *Los suelos ayudan a combatir y adaptarse al cambio climático*. Obtenido de <http://www.fao.org/3/a-i4737s.pdf>
- Otilio Acevedo-Sandoval, E. O.-C. (2004). EL PAPEL DE ÓXIDOS DE HIERRO EN SUELOS . *Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portuga*, 485-497.
- Pratt, P. P., & Bair, F. L. (1961). A comparison of three reagents for the extraction of aluminum from soils. *Soil Science* , 357-359.
- Quesada, C. A. (2011). Soils of Amazonia with particular reference to the RAINFOR sites. *Biogeosciences*, 1415.

- Ramírez, Á., & Moreno, F. (Enero de 2008). RESPIRACIÓN MICROBIAL Y DE RAÍCES EN SUELOS DE BOSQUES TROPICALES PRIMARIOS Y SECUNDARIOS (PORCE, COLOMBIA). *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 61, 4381-4393. Obtenido de <https://revistas.unal.edu.co/index.php/refame/article/view/24738>
- Robert, M. (2002). Captura de carbono en los suelos para un mejor manejo de la tierra. París: Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y alimentación.
- Rodríguez, C. B. (2008). Biología y Geología. Madrid: Editex.
- Salinas, J., & García, R. (1979). Acidez Intercambiable Al + H. En J. Salinas, & R. García, *Métodos analíticos para suelos acidos y plantas* (págs. 24-25). Cali: Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT).
- Santamaría, J. (2010). FORZAMIENTO RADIATIVO Y CAMBIOS QUÍMICOS EN LA ATMÓSFERA. *Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 104(1), 149-173. Obtenido de <http://www.rac.es/ficheros/doc/00914.pdf>
- Singla, A., Bautista, G., Mátyás, B., Serrano, V., Morales, J., Sánchez, R., . . . Ramírez-Cando, L. (2018). Variaciones altitudinales en el intercambio de iones H y Al junto con el contenido de Fe en el suelo de la Amazonia. *La Granja*, 43-51.
- Sistema Nacional de Información. (2013). *Sistema de Clasificación de Ecosistemas del Ecuador continental*. Quito: Subsecretaría de Patrimonio Natural.
- Stocker, T. F., Qin, D., Alexander, L. V., Allen, S. K., Bindof, N. L., Bréon, F. M., . . . Xie, S.-P. (2013). Resumen técnico. En T. F. Stocker, D. Qin, G. K. Plattner, M.

Tignor, S. K. Allen, J. Boschung, . . . (eds.)], *Cambio climático 2013. Bases físicas. Contribución del Grupo de trabajo I al Quinto Informe de Evaluación del* (pág. 53). Cambridge, Nueva York, Reino Unido, Estados Unidos de América: Cambridge University Press. Obtenido de http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg1/WGI_AR5_TS_FAQ_ES.pdf

Universidad de Chile. (Claudia Santibáñez de 2015). *Modulo 1.1: Determinación de pH y conductividad eléctrica del suelo*. Obtenido de Modernización e Integración Transversal de la Enseñanza : http://mct.dgf.uchile.cl/AREAS/medio_mod1.pdf

Walkley, A. (1947). A critical examination of a rapid method for determination of organic carbon in soils - effect of variations in digestion conditions and of inorganic soil constituents. *Soil Sci.*(63), 251-257. Obtenido de https://journals.lww.com/soilsci/citation/1934/01000/an_examination_of_the_degtjareff_method_for.3.aspx

Walkley, A., & Black, I. (1934). An examination of Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Sci*(37), 29-37.

8. ANEXOS

Anexo 1. pH y conductividad con agua destilada del Bosque Siempre-Verde de Tierras Bajas (datos brutos)

Tabla 49. pH y conductividad con agua destilada del Bosque Siempre-Verde de Tierras Bajas (datos brutos)

BOSQUE SIEMPRE-VERDE DE TIERRAS BAJAS								
No.	Cód.	Con Agua destilada						Parcelas
		pH	T °C	T °C	\bar{x} T °C	\bar{x} Conductividad $\mu\text{s/cm}$	\bar{x} T °C	
1	P1 10 COR	4.166	19.1	19.1	19.1	608	19.1	P1
2	P1 20 COR	4.105	19.1	19.1	19.1	269	19.1	
3	P1 30 COR	4.169	19.8	19.8	19.8	165.8	19.8	
4	P2 10 COR	4.41	18.9	20.2	19.55	497	19.55	P2
5	P2 20 COR	4.25	20.1	19.7	19.9	1262	19.9	
6	P2 30 COR	3.647	19.6	19.3	19.45	938	19.45	
7	P3 10 COR	4.027	20	18.9	19.45	384	19.45	P3
8	P3 20 COR	3.813	20.2	18.8	19.5	367	19.5	
9	P3 30 COR	4.312	20.1	19.1	19.6	236	19.6	

Fuente: La investigación

Anexo 2. pH con KCl del Bosque Siempre-Verde de Tierras Bajas (datos brutos)

Tabla 50. pH con KCl del Bosque Siempre-Verde de Tierras Bajas (datos brutos)

BOSQUE SIEMPRE-VERDE DE TIERRAS BAJAS						
<i>No.</i>	<i>Cód.</i>	<i>Con KCl</i>			<i>pH</i>	<i>Parcelas</i>
		<i>T °C</i>	<i>T °C</i>	$\bar{x} T °C$		
1	P1 10 COR	19.2	18.3	18.75	3.19	P1
2	P1 20 COR	21	18.8	19.9	3.767	
3	P1 30 COR	20.3	19.2	19.75	3.844	
4	P2 10 COR	20.1	19	19.55	4.091	P2
5	P2 20 COR	19.6	19.7	19.65	4.069	
6	P2 30 COR	20	19.6	19.8	3.408	
7	P3 10 COR	20.6	19.4	20	3.571	P3
8	P3 20 COR	20.3	19.5	19.9	3.428	
9	P3 30 COR	20.1	19.6	19.85	3.952	

Fuente: La investigación

Anexo 3. pH y conductividad con agua destilada del Bosque Siempre-Verde de Pie de Monte (datos brutos)

Tabla 51. pH y conductividad con agua destilada del Bosque Siempre-Verde de Pie de Monte (datos brutos)

BOSQUE SIEMPRE-VERDE DE PIE DE MONTE Con agua destilada										
No.	Cód.	pH			̄ pH	Temp °C			̄ Temp °C	Parcelas
1	P1 10 COR	3.805	3.822	3.79	3.8057	17.7	19.7	19.8	19.0667	P1
2	P1 20 COR	4.121	3.955	3.938	4.0047	18.2	19.1	19.3	18.8667	
3	P1 30 COR	4.464	4.053	4.07	4.1957	18.7	19.2	19.3	19.0667	
4	P2 10 COR	4.112	3.944	3.861	3.9723	16.5	19	19.5	18.3333	P2
5	P2 20 COR	4.307	4.078	4.038	4.1410	17.7	18.7	19.4	18.6000	
6	P2 30 COR	4.537	4.161	4.059	4.2523	16.1	18.2	18.4	17.5667	
7	P3 10 COR	4.515	4.255	4.079	4.2830	16.2	18.1	18.3	17.5333	P3
8	P3 20 COR	4.835	4.195	4.401	4.4770	16.3	18.1	18.5	17.6333	
9	P3 30 COR	4.342	4.407	4.412	4.3870	18.4	18.7	18.9	18.6667	

BOSQUE SIEMPRE-VERDE DE PIE DE MONTE Con agua destilada										
No.	Cód.	Conductividad μs/cm			̄ Conductividad μs/cm	Temp °C			̄ Temp °C	Parcelas
1	P1 10 COR	258	244	249	250.3333	19.2	19.6	20	19.600	P1
2	P1 20 COR	206	211	205	207.3333	18.7	18.9	19.1	18.900	
3	P1 30 COR	108.6	110.1	110.4	109.7000	19.7	19.5	19.6	19.600	
4	P2 10 COR	206	206	195.7	202.5667	20.1	19.8	20.1	20.000	P2
5	P2 20 COR	118.6	119	122.9	120.1667	19.2	19.3	18.9	19.133	
6	P2 30 COR	80.4	80.9	86	82.4333	17.8	17.9	18.1	17.933	
7	P3 10 COR	119.2	118.7	124.4	120.7667	17.9	17.9	17.7	17.833	P3
8	P3 20 COR	68.4	71.8	70.7	70.3000	17.1	17.4	17.5	17.333	
9	P3 30 COR	44.8	49.2	49.4	47.8000	17.6	17.7	17.6	17.633	

Fuente: La investigación

Anexo 4. pH y conductividad con agua destilada del Bosque Siempre-Verde de Pie de Monte (datos brutos)

Tabla 52. pH y conductividad con agua destilada del Bosque Siempre-Verde de Pie de Monte (datos brutos)

BOSQUE SIEMPRE-VERDE DE PIE DE MONTE Con agua destilada										
No.	Cód.	pH			\bar{x} pH	Temp °C			\bar{x} Temp °C	Parcelas
1	P1 10 COR	3.805	3.822	3.79	3.8057	17.7	19.7	19.8	19.0667	P1
2	P1 20 COR	4.121	3.955	3.938	4.0047	18.2	19.1	19.3	18.8667	
3	P1 30 COR	4.464	4.053	4.07	4.1957	18.7	19.2	19.3	19.0667	
4	P2 10 COR	4.112	3.944	3.861	3.9723	16.5	19	19.5	18.3333	P2
5	P2 20 COR	4.307	4.078	4.038	4.1410	17.7	18.7	19.4	18.6000	
6	P2 30 COR	4.537	4.161	4.059	4.2523	16.1	18.2	18.4	17.5667	
7	P3 10 COR	4.515	4.255	4.079	4.2830	16.2	18.1	18.3	17.5333	P3
8	P3 20 COR	4.835	4.195	4.401	4.4770	16.3	18.1	18.5	17.6333	
9	P3 30 COR	4.342	4.407	4.412	4.3870	18.4	18.7	18.9	18.6667	
BOSQUE SIEMPRE-VERDE DE PIE DE MONTE Con agua destilada										
No.	Cód.	Conductividad μs/cm			\bar{x} Conductividad μs/cm	Temp °C			\bar{x} Temp °C	Parcelas
1	P1 10 COR	258	244	249	250.3333	19.2	19.6	20	19.600	P1
2	P1 20 COR	206	211	205	207.3333	18.7	18.9	19.1	18.900	
3	P1 30 COR	108.6	110.1	110.4	109.7000	19.7	19.5	19.6	19.600	
4	P2 10 COR	206	206	195.7	202.5667	20.1	19.8	20.1	20.000	P2
5	P2 20 COR	118.6	119	122.9	120.1667	19.2	19.3	18.9	19.133	
6	P2 30 COR	80.4	80.9	86	82.4333	17.8	17.9	18.1	17.933	
7	P3 10 COR	119.2	118.7	124.4	120.7667	17.9	17.9	17.7	17.833	P3
8	P3 20 COR	68.4	71.8	70.7	70.3000	17.1	17.4	17.5	17.333	
9	P3 30 COR	44.8	49.2	49.4	47.8000	17.6	17.7	17.6	17.633	

Fuente: La investigación

Anexo 5. pH con KCl del Bosque Siempre-Verde de Pie de Monte (datos brutos)

Tabla 53. pH con KCl del Bosque Siempre-Verde de Pie de Monte (datos brutos)

BOSQUE SIEMPRE-VERDE DE PIE DE MONTE Con KCl										
No.	Cód.	pH			\bar{x} pH	Temp °C			\bar{x} Temp °C	Parcelas
1	P1 10 COR	3.6	3.604	3.597	3.6003	17.5	18.8	19.3	18.5333	P1
2	P1 20 COR	3.871	3.892	3.88	3.8810	17.7	19.3	19.5	18.8333	
3	P1 30 COR	3.949	3.964	3.979	3.9640	19.2	19.4	19.2	19.2667	
4	P2 10 COR	3.734	3.786	3.7667	3.7622	18.9	19.5	19.5	19.3000	P2
5	P2 20 COR	4.057	4.082	4.086	4.0750	19.4	19.8	19.2	19.4667	
6	P2 30 COR	4.258	4.321	4.279	4.2860	19.5	19.8	19.8	19.7000	
7	P3 10 COR	4.16	4.174	4.134	4.1560	19.6	19.8	19.7	19.7000	P3
8	P3 20 COR	4.379	4.36	4.449	4.3960	19.7	20.2	20.3	20.0667	
9	P3 30 COR	4.455	4.498	4.503	4.4853	19.7	20.5	20.4	20.2000	

Fuente: La investigación

Anexo 6. pH y conductividad con agua destilada del Bosque Siempre-Verde Andino Montano Bajo (datos brutos)

Tabla 54. pH y conductividad con agua destilada del Bosque Siempre-Verde Andino Montano Bajo (datos brutos)

BOSQUE SIEMPRE-VERDE ANDINO MONTANO BAJO Con agua destilada										
No.	Cód.	pH			\bar{x} pH	Temp °C			\bar{x} Temp °C	Parcelas
1	P1 10 COR	4.43	4.62	4.53	4.5267	17.8	18	17.8	17.8667	P1
2	P1 20 COR	4.63	4.75	4.8	4.7267	14.8	18.1	20.1	17.6667	
3	P1 30 COR	5.05	4.99	4.9	4.9800	16.7	18.9	19.6	18.4000	
4	P2 10 COR	4.55	4.62	4.64	4.6033	15.3	18	18.6	17.3000	P2
5	P2 20 COR	5.13	5.14	5.17	5.1467	16.5	18.4	19	17.9667	
6	P2 30 COR	5.17	5.16	5.14	5.1567	19.1	19.4	19.9	19.4667	
7	P3 10 COR	4.35	4.39	4.4	4.3800	127.1	110.5	115.3	117.6333	P3
8	P3 20 COR	4.86	4.86	4.88	4.8667	16	18.4	19.1	17.8333	
9	P3 30 COR	5.04	4.96	4.97	4.9900	17	18.5	18.9	18.1333	

BOSQUE SIEMPRE-VERDE ANDINO MONTANO BAJO Con agua destilada										
No.	Cód.	Conductividad $\mu\text{s/cm}$			\bar{x} Conductividad $\mu\text{s/cm}$	Temp °C			\bar{x} Temp °C	Parcelas
1	P1 10 COR	125.4	138.7	155	139.7000	17.8	18	17.8	17.867	P1
2	P1 20 COR	56.8	70.6	63.5	63.6333	20.3	20.2	20.1	20.200	
3	P1 30 COR	29.8	31.7	31.3	30.9333	17.7	16.9	17.9	17.500	
4	P2 10 COR	78.8	78.9	67	74.9000	17.2	17.8	18.4	17.800	P2
5	P2 20 COR	19.42	18.23	19.37	19.0067	18.5	17.8	17.8	18.033	
6	P2 30 COR	20.8	21	21.4	21.0667	17.6	18.7	19	18.433	
7	P3 10 COR	16.8	17.6	18.2	17.5333	16.8	17.6	18.2	17.533	P3
8	P3 20 COR	45.4	44.6	43.2	44.4000	16.8	17.7	18.5	17.667	
9	P3 30 COR	66.9	57.4	65.3	63.2000	17.5	19.8	20	19.100	

Fuente: La investigación

Anexo 7. pH con KCl del Bosque Siempre-Verde Andino Montano Bajo (datos brutos)

Tabla 55. pH con KCl del Bosque Siempre-Verde Andino Montano Bajo (datos brutos)

BOSQUE SIEMPRE-VERDE ANDINO MONTANO BAJO Con KCl										
No.	Cód.	pH			\bar{x} pH	Temp °C			\bar{x} Temp °C	Parcelas
1	P1 10 COR	4.38	4.38	4.37	4.3767	18.7	19.7	20.5	19.6333	P1
2	P1 20 COR	4.19	4.14	4.16	4.1633	17.9	80.2	20.5	39.5333	
3	P1 30 COR	4.63	4.67	4.68	4.6600	19.6	20.5	21.1	20.4000	
4	P2 10 COR	3.86	3.82	3.83	3.8367	19.4	19.6	19.7	19.5667	P2
5	P2 20 COR	4.42	4.43	4.44	4.4300	19.5	20	20.2	19.9000	
6	P2 30 COR	4.72	4.75	4.78	4.7500	20.2	20.6	20.6	20.4667	
7	P3 10 COR	3.75	3.75	3.76	3.7533	20.5	21.5	21.8	21.2667	P3
8	P3 20 COR	4.28	4.28	4.27	4.2767	20.9	21.3	21.4	21.2000	
9	P3 30 COR	4.54	4.57	4.57	4.5600	21.3	21.6	21.5	21.4667	

Fuente: La investigación

Anexo 8. Bosque Siempre-Verde Andino Montano Bajo textura todas las muestras

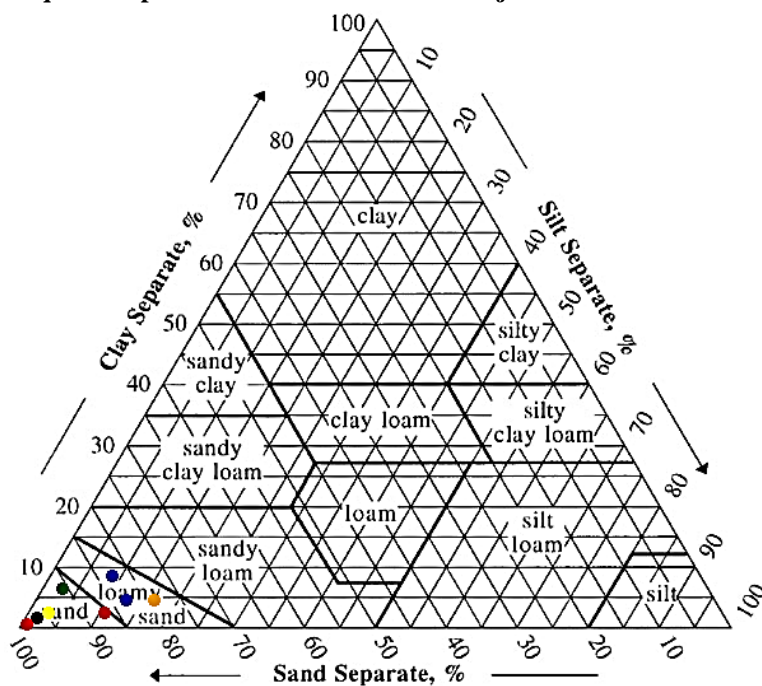


Figura 23. Bosque Siempre-Verde Andino Montano Bajo textura todas las muestras
Fuente: La investigación

Anexo 9. Bosque Siempre-Verde Andino Montano Bajo textura muestra P1 10 COR (arena fina)

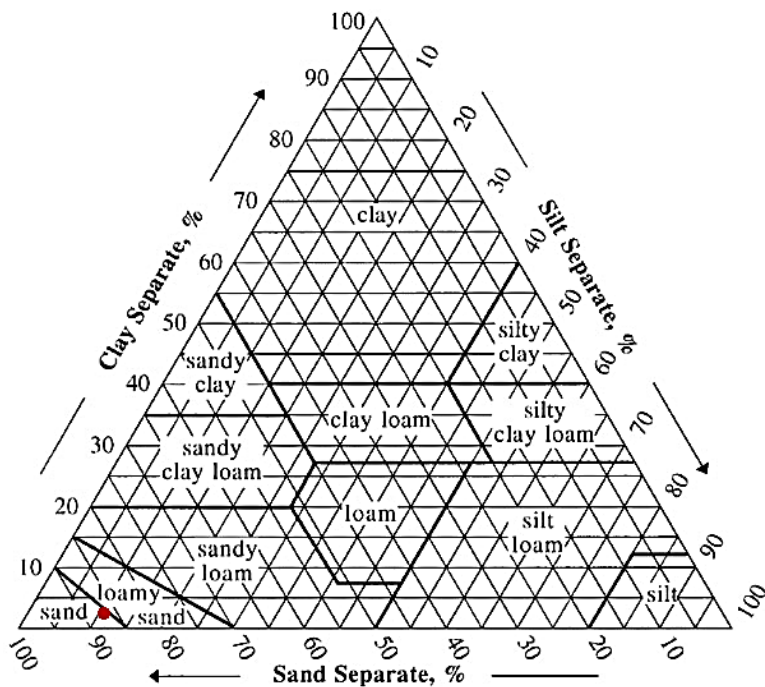


Figura 24. Bosque Siempre-Verde Andino Montano Bajo textura muestra P1 10 COR (arena fina)
Fuente: La investigación

Anexo 10. Bosque Siempre-Verde Andino Montano Bajo textura muestra P1 20 COR (arena fina arcillosa)

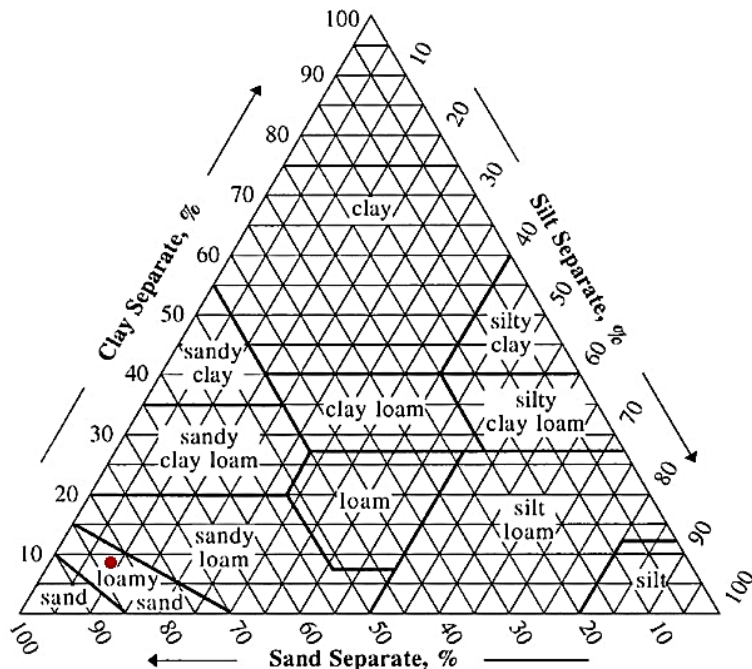


Figura 25. Bosque Siempre-Verde Andino Montano Bajo textura muestra P1 20 COR (arena fina arcillosa)

Fuente: La investigación

Anexo 11. Bosque Siempre-Verde Andino Montano Bajo textura muestra P1 30 COR (arena fina)

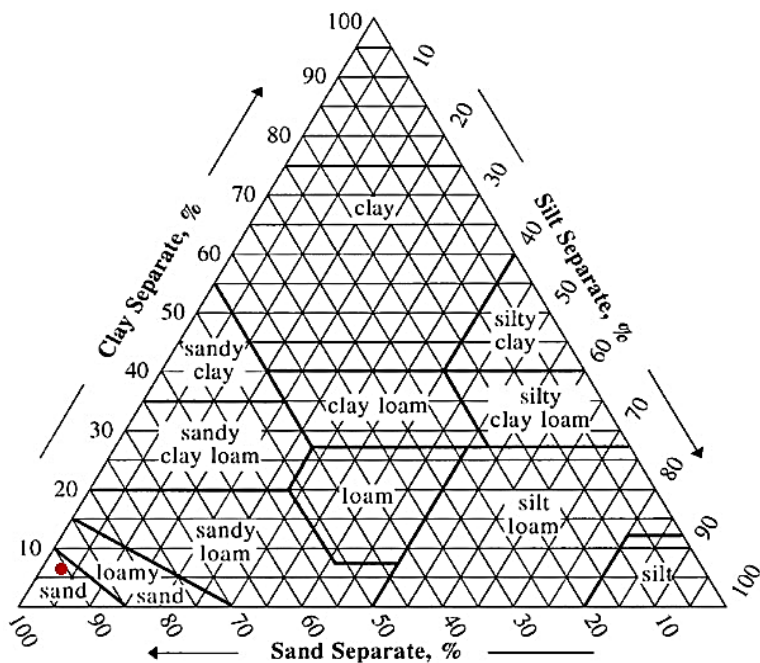


Figura 26. Bosque Siempre-Verde Andino Montano Bajo textura muestra P1 30 COR (arena fina)

Fuente: La investigación

Anexo 12. Bosque Siempre-Verde Andino Montano Bajo textura muestra P2 10 COR (arena fina)

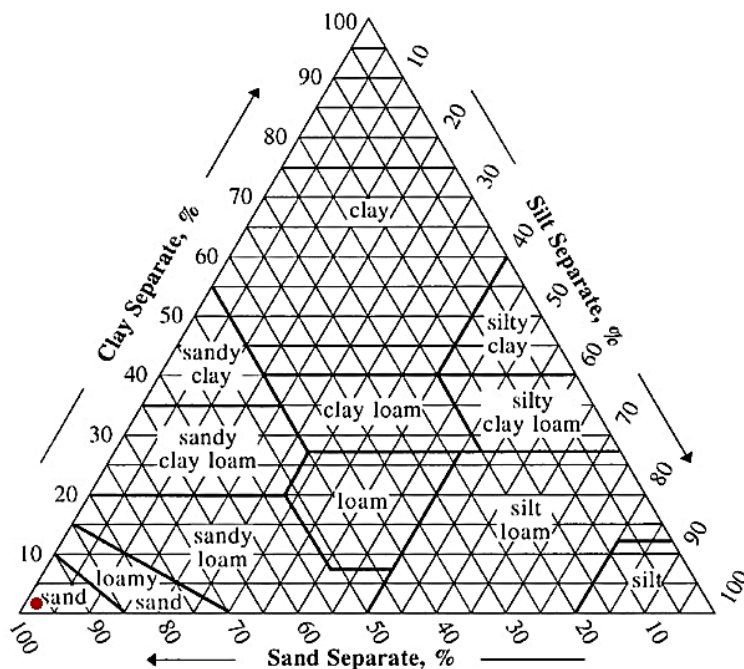


Figura 27. Bosque Siempre-Verde Andino Montano Bajo textura muestra P2 10 COR (arena fina)
Fuente: La investigación

Anexo 13. Bosque Siempre-Verde Andino Montano Bajo textura muestra P2 20 COR (arena fina)

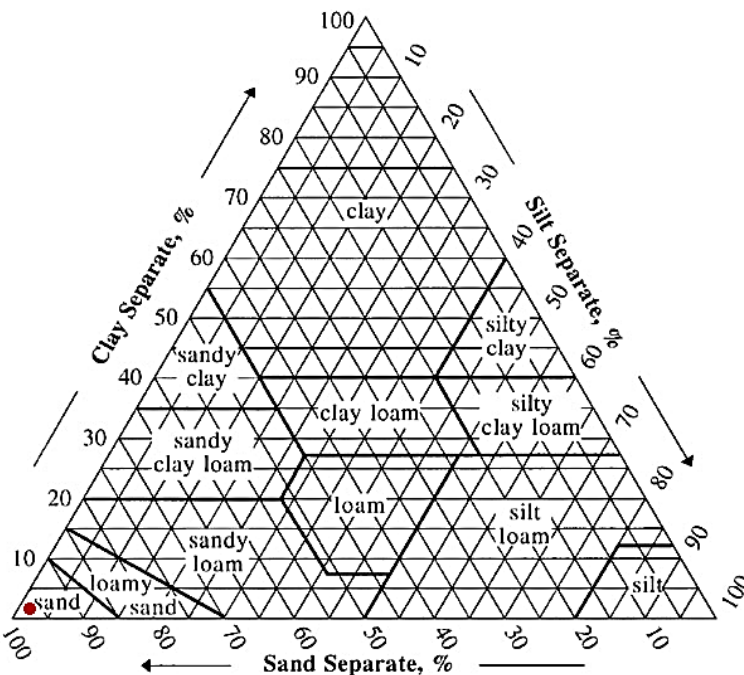


Figura 28. Bosque Siempre-Verde Andino Montano Bajo textura muestra P2 20 COR (arena fina)
Fuente: La investigación

Anexo 14. Bosque Siempre-Verde Andino Montano Bajo textura muestra P2 30 COR (arena fina)

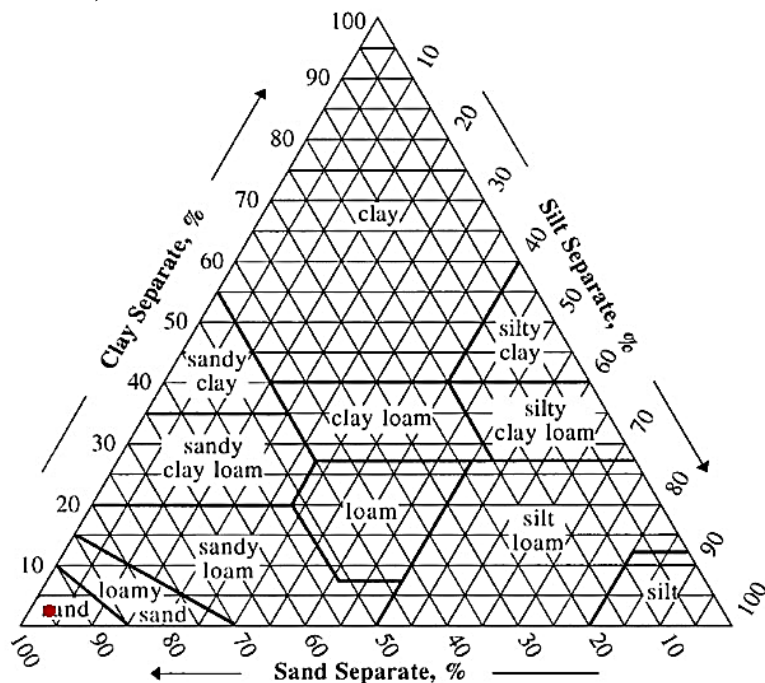


Figura 29. Bosque Siempre-Verde Andino Montano Bajo textura muestra P2 30 COR (arena fina)
Fuente: La investigación

Anexo 15. Bosque Siempre-Verde Andino Montano Bajo textura muestra P3 10 COR (arena fina)

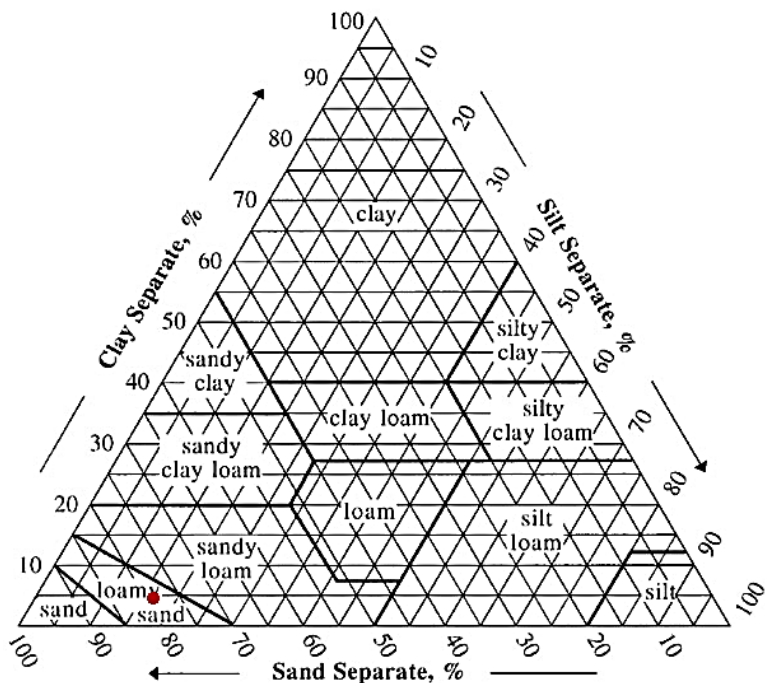


Figura 30. Bosque Siempre-Verde Andino Montano Bajo textura muestra P3 10 COR (arena fina)
Fuente: La investigación

Anexo 16. Bosque Siempre-Verde Andino Montano Bajo textura muestra P3 20 COR (arena fina arcillosa)

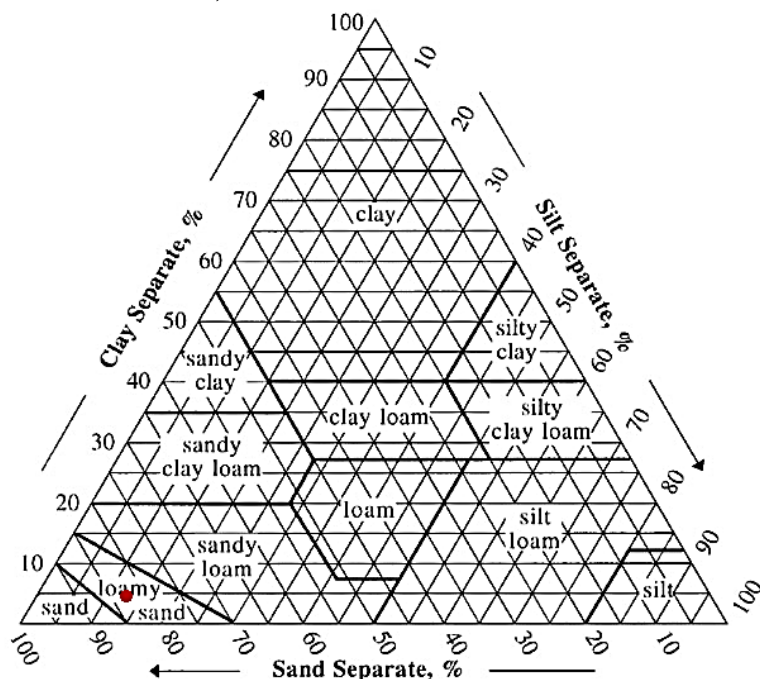


Figura 31. Bosque Siempre-Verde Andino Montano Bajo textura muestra P3 20 COR (arena fina arcillosa)

Fuente: La investigación

Anexo 17. Bosque Siempre-Verde Andino Montano Bajo textura muestra P3 30 COR (arena fina arcillosa)

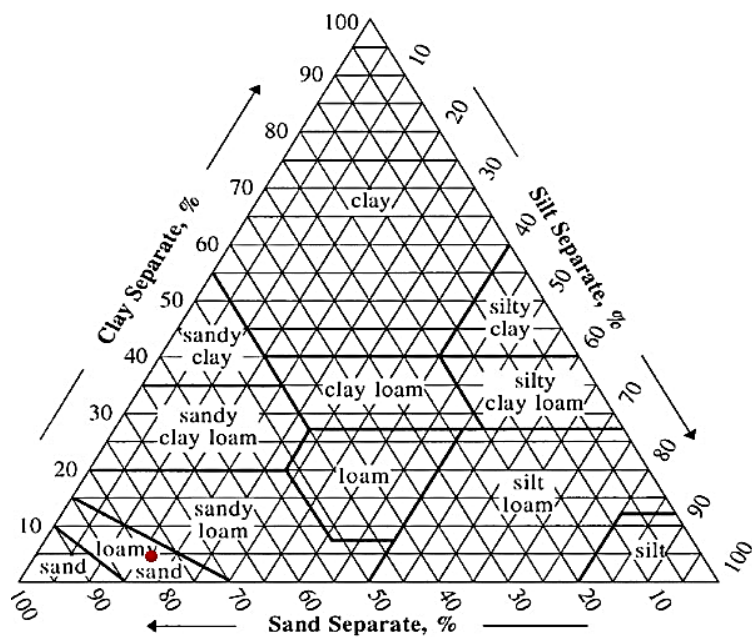


Figura 32. Bosque Siempre-Verde Andino Montano Bajo textura muestra P3 30 COR (arena fina arcillosa)

Fuente: La investigación

Anexo 18. Bosque Siempre-Verde de Tierras Bajas textura de todas las muestras

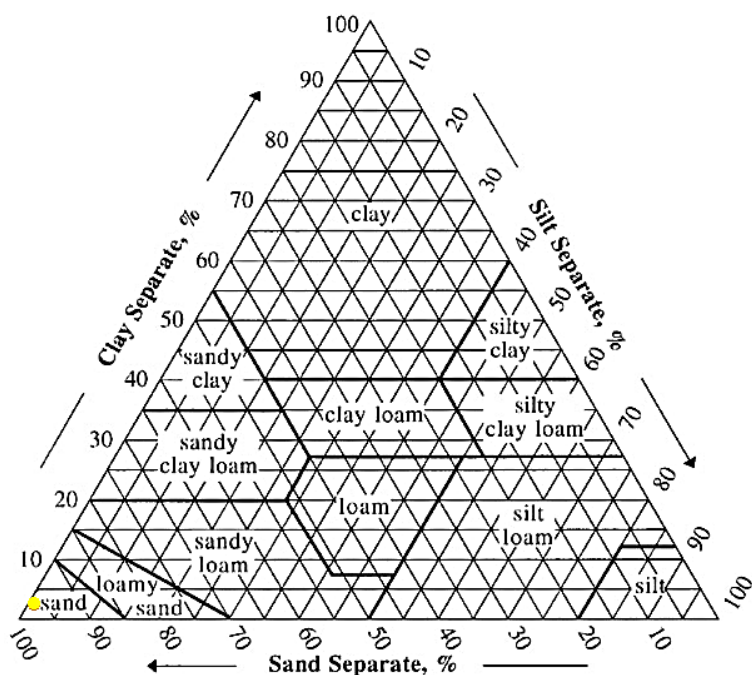


Figura 33. Bosque Siempre-Verde de Tierras Bajas textura de todas las muestras

Nota: se presenta un solo grafico general de la textura del presente ecosistema, ya que no existe variedad de texturas entre las 9 muestras analizadas

Fuente: La investigación

Anexo 19. Bosque Siempre-Verde de Pie de Monte textura de todas las muestras

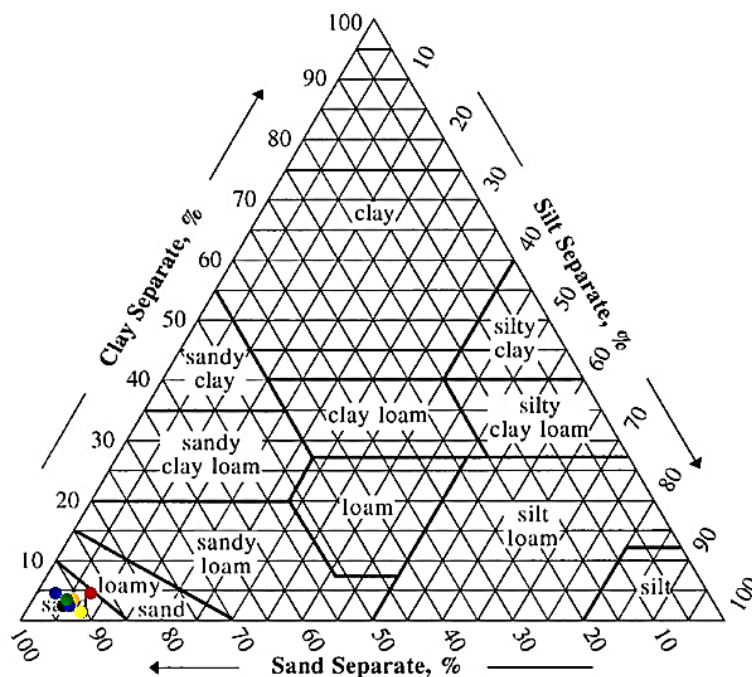


Figura 34. Bosque Siempre-Verde de Pie de Monte textura de todas las muestras

Fuente: La investigación

Anexo 20. Bosque Siempre-Verde de Pie de Monte textura muestra P1 10 COR (arena fina)

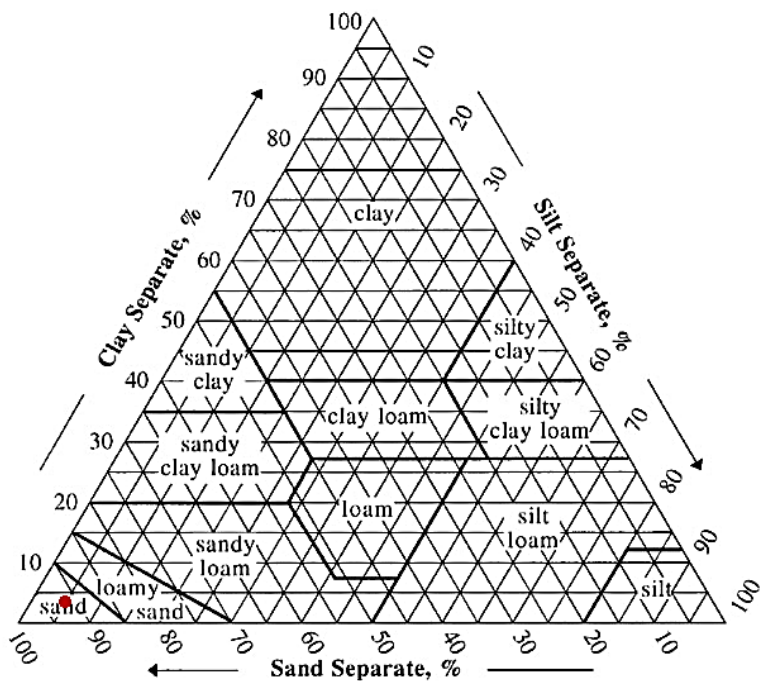


Figura 35. Bosque Siempre-Verde de Pie de Monte textura muestra P1 10 COR (arena fina)
Fuente: La investigación

Anexo 21. Bosque Siempre-Verde de Pie de Monte textura muestra P1 20 COR (arena fina)

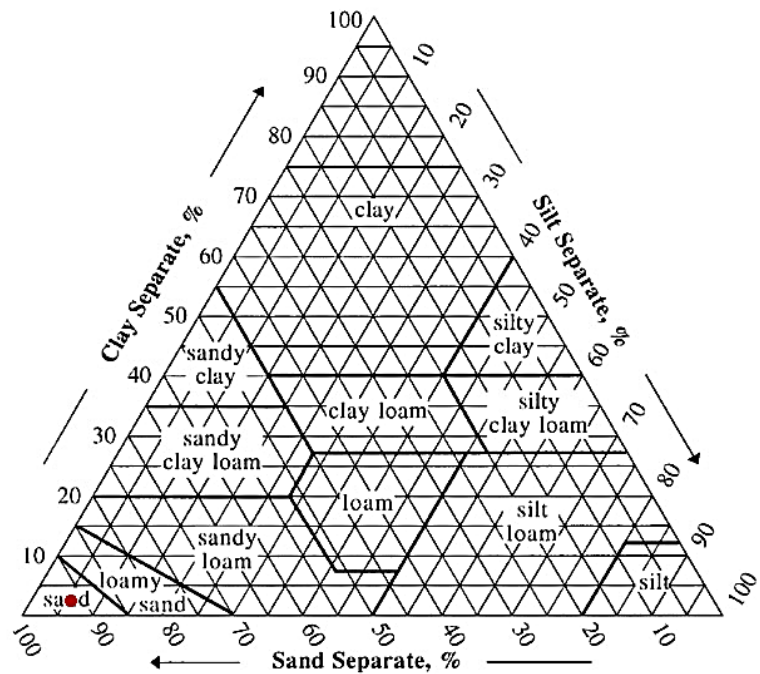


Figura 36. Bosque Siempre-Verde de Pie de Monte textura muestra P1 20 COR (arena fina)
Fuente: La investigación

Anexo 22. Bosque Siempre-Verde de Pie de Monte textura muestra P1 30 COR (arena fina)

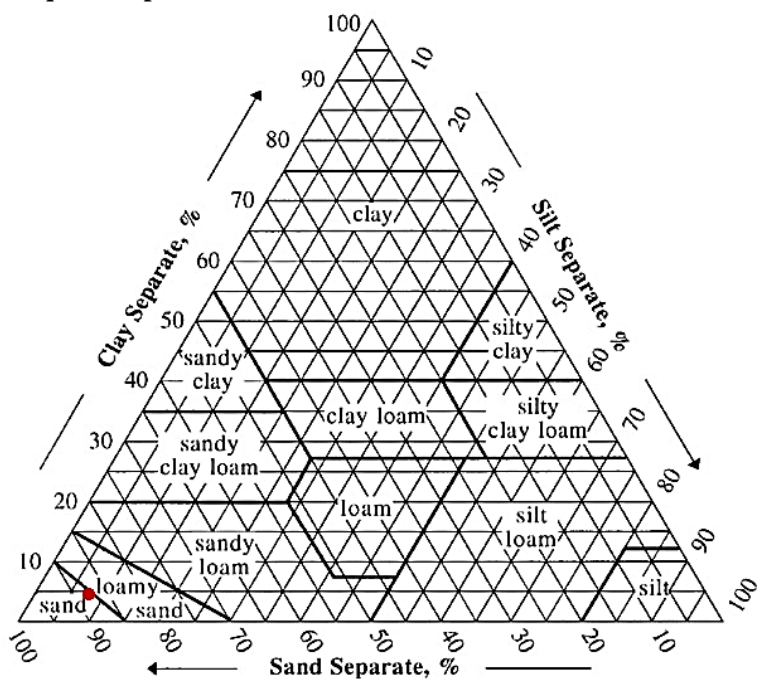


Figura 37. Bosque Siempre-Verde de Pie de Monte textura muestra P1 30 COR (arena fina)
Fuente: La investigación

Anexo 23. Bosque Siempre-Verde de Pie de Monte textura muestra P2 10 COR (arena fina)

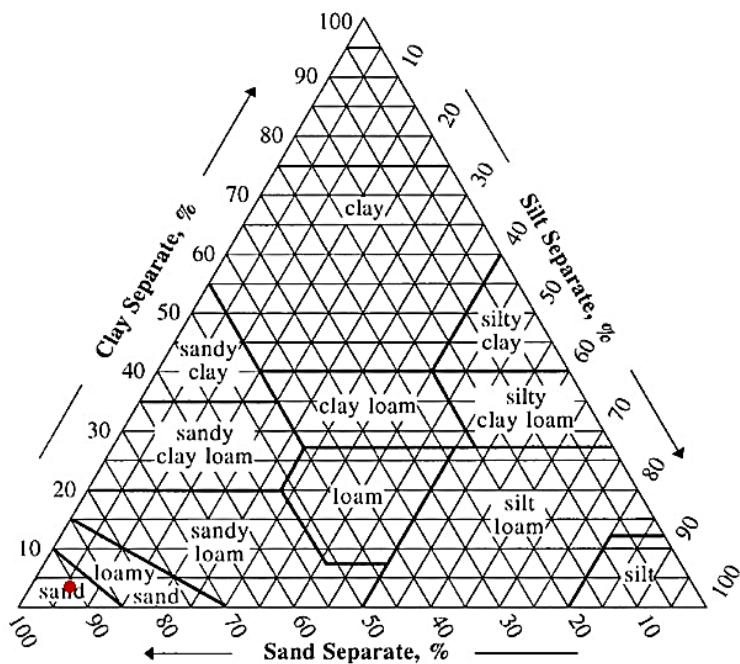


Figura 38. Bosque Siempre-Verde de Pie de Monte textura muestra P2 10 COR (arena fina)
Fuente: La investigación

Anexo 24. Bosque Siempre-Verde de Pie de Monte textura muestra P2 20 COR (arena fina)

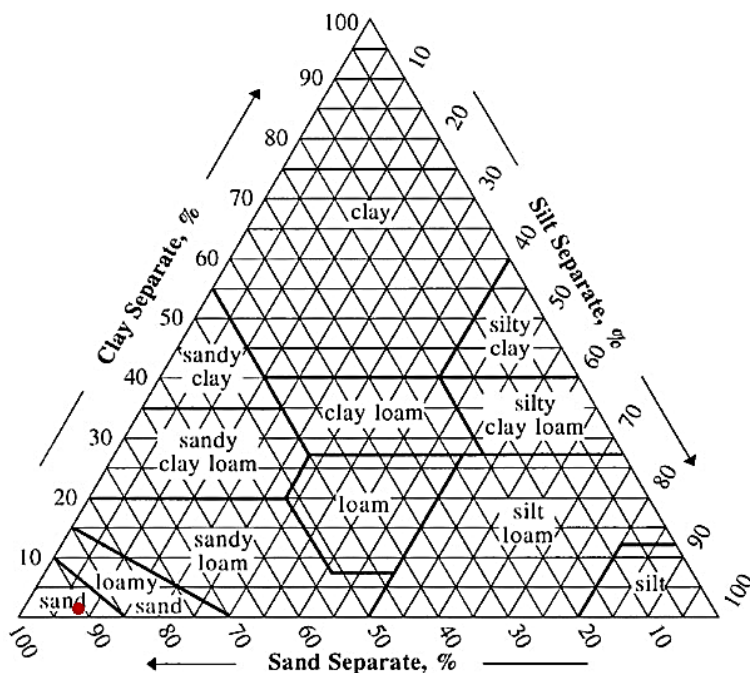


Figura 39. Bosque Siempre-Verde de Pie de Monte textura muestra P2 20 COR (arena fina)

Fuente: La investigación

Anexo 25. Bosque Siempre-Verde de Pie de Monte textura muestra P2 30 COR (arena fina)

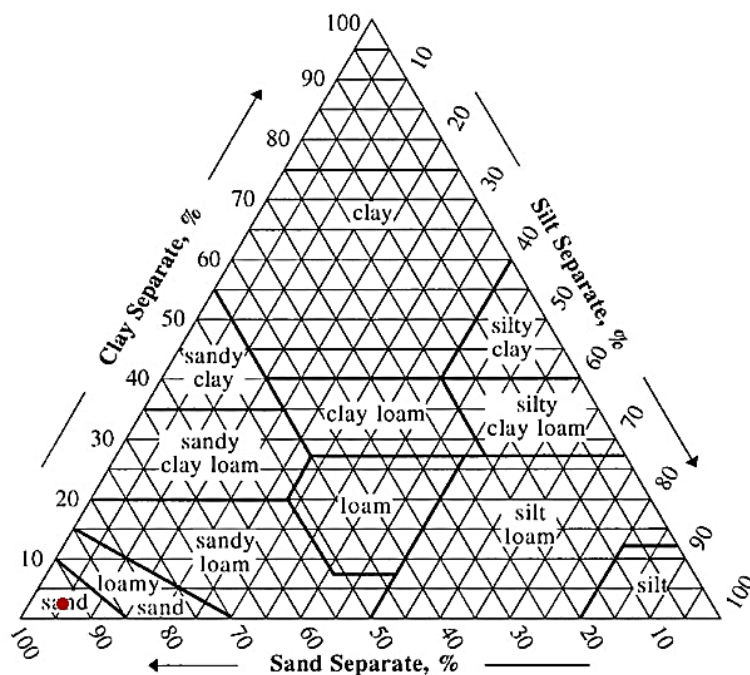


Figura 40. Bosque Siempre-Verde de Pie de Monte textura muestra P2 30 COR (arena fina)

Fuente: La investigación

Anexo 26. Bosque Siempre-Verde de Pie de Monte textura muestra P3 10 COR (arena fina)

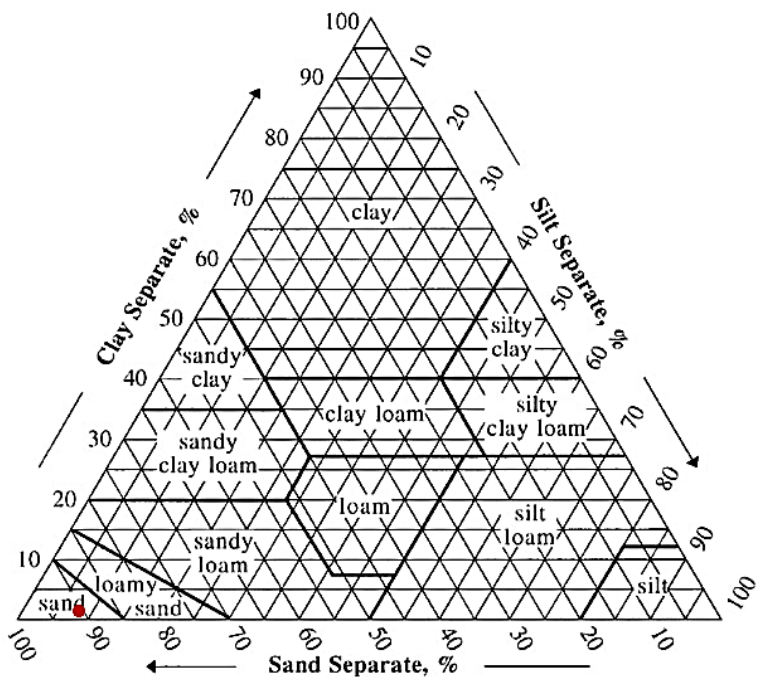


Figura 41. Bosque Siempre-Verde de Pie de Monte textura muestra P3 10 COR (arena fina)

Fuente: La investigación

Anexo 27. Bosque Siempre-Verde de Pie de Monte textura muestra P3 20 COR (arena fina)

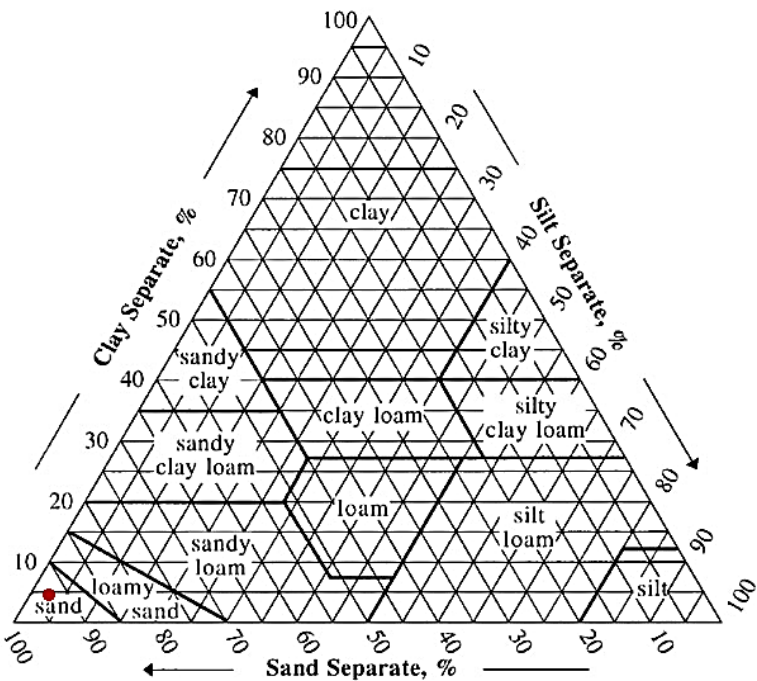


Figura 42. Bosque Siempre-Verde de Pie de Monte textura muestra P3 20 COR (arena fina)

Fuente: La investigación

Anexo 28. Bosque Siempre-Verde de Pie de Monte textura muestra P3 30 COR (arena fina)

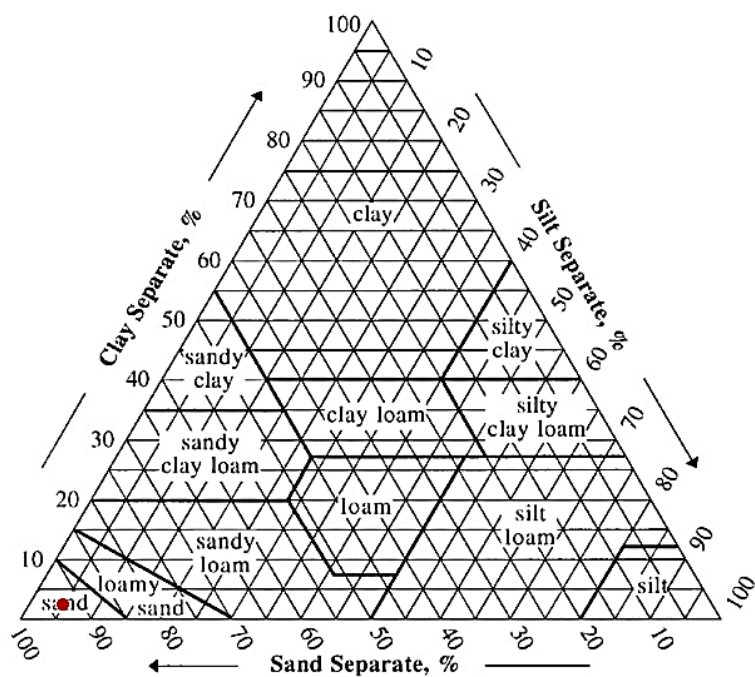


Figura 43. Bosque Siempre-Verde de Pie de Monte textura muestra P3 30 COR (arena fina)
Fuente: La investigación

Anexo 29. Contenido de Fe, mg de Fe por Kg de muestra (oxalato ácido de amonio)

Tabla 56. Contenido de Fe, mg de Fe por Kg de muestra (oxalato ácido de amonio)

<i>Determinación de mg de Fe por Kg de muestra</i>				
<i>Ecosistema</i>	<i>No.</i>	<i>Cód.</i>	<i>Conc.</i>	<i>mg de Fe/Kg de muestra</i>
BOSQUE SIEMPRE-VERDE DE TIERRAS BAJAS	1	P1 10 COR	16.9167	845.8333
	2	P1 20 COR	5.6667	283.3333
	3	P1 30 COR	21.2500	1062.5000
	4	P2 10 COR	10.2500	512.5000
	5	P2 20 COR	11.5833	579.1667
	6	P2 30 COR	12.0833	604.1667
	7	P3 10 COR	22.2500	1112.5000
	8	P3 20 COR	21.7500	1087.5000
	9	P3 30 COR	11.3333	566.6667
BOSQUE SIEMPRE-VERDE DE PIE DE MONTE	1	P1 10 COR	52.5833	2629.1667
	2	P1 20 COR	46.4167	2320.8333
	3	P1 30 COR	314.9167	15745.8333
	4	P2 10 COR	208.3333	10416.6667
	5	P2 20 COR	332.9167	16645.8333
	6	P2 30 COR	406.5000	20325.0000
	7	P3 10 COR	410.3333	20516.6667
	8	P3 20 COR	244.4167	12220.8333
	9	P3 30 COR	365.4167	18270.8333
BOSQUE SIEMPRE-VERDE ANDINO MONTAÑO BAJO	1	P1 10 COR	485.4167	24270.8333
	2	P1 20 COR	452.0833	22604.1667
	3	P1 30 COR	508.3333	25416.6667
	4	P2 10 COR	415.4167	20770.8333
	5	P2 20 COR	555.0000	27750.0000
	6	P2 30 COR	448.3333	22416.6667
	7	P3 10 COR	380.9167	19045.8333
	8	P3 20 COR	360.6667	18033.3333
	9	P3 30 COR	414.4167	20720.8333

Fuente: La investigación

Anexo 30. Contenido de Fe, mg de Fe por Kg de muestra (pirofosfato de sodio)

Tabla 57. Contenido de Fe, mg de Fe por Kg de muestra (pirofosfato de sodio)

<i>Determinación de mg de Fe por Kg de muestra (pirofosfato de sodio)</i>					
<i>Ecosistema</i>	<i>No.</i>	<i>Cód.</i>	<i>Concentración (ppm)</i>	<i>Absorbancia</i>	<i>mg de Fe/ Kg de suelo</i>
BOSQUE SIEMPRE-VERDE DE TIERRAS BAJAS	1	P1 10 COR	8.1333	0.0103	2033.3333
	3	P1 30 COR	2.7000	0.0037	675.0000
	4	P2 10 COR	11.1000	0.0140	2775.0000
	5	P2 20 COR	5.6333	0.0073	1408.3333
	6	P2 30 COR	11.3333	0.0147	2833.3333
	7	P3 10 COR	17.6000	0.0223	4400.0000
	8	P3 20 COR	9.2667	0.0120	2316.6667
	9	P3 30 COR	2.8000	0.0040	700.0000
BOSQUE SIEMPRE-VERDE DE PIE DE MONTE	1	P1 10 COR	33.8667	0.0420	8466.6667
	2	P1 20 COR	29.5000	0.0367	7375.0000
	3	P1 30 COR	26.4667	0.0367	6616.6667
	4	P2 10 COR	23.6000	0.0293	5900.0000
	5	P2 20 COR	34.3667	0.0423	8591.6667
	6	P2 30 COR	33.3667	0.0413	8341.6667
	7	P3 10 COR	41.1333	0.0507	10283.3333
	8	P3 20 COR	25.5667	0.0320	6391.6667
	9	P3 30 COR	23.6333	0.0297	5908.3333
BOSQUE SIEMPRE-VERDE ANDINO MONTANO BAJO	1	P1 10 COR	52.5000	0.0643	13125.0000
	2	P1 20 COR	47.6667	0.0583	11916.6667
	3	P1 30 COR	21.6333	0.0273	5408.3333
	4	P2 10 COR	61.5000	0.0753	15375.0000
	5	P2 20 COR	58.5333	0.0717	14633.3333
	6	P2 30 COR	37.3333	0.0463	9333.3333
	7	P3 10 COR	56.6000	0.0690	14150.0000
	8	P3 20 COR	42.3000	0.0527	10575.0000
	9	P3 30 COR	34.3333	0.0467	8583.3333

Fuente: La investigación

Anexo 31. Contenido de P, mg de P por Kg de muestra

Tabla 58. Contenido de P, mg de P por Kg de muestra

<i>Ecosistema</i>	<i>Parcela</i>	<i>Cód.</i>	<i>ABS (y)</i>	<i>mg de P/kg de muestra</i>
BOSQUE SIEMPRE-VERDE DE TIERRAS BAJAS	1	P100110COR	0.00537	-3.86473
		P100120COR	0.01357	5.64251
		P100130COR	0.00600	-3.13043
	2	P200110COR	0.00317	-6.41546
		P200120COR	0.01880	11.71014
		P200130COR	0.01987	12.94686
	3	P300110COR	0.01827	11.09179
		P300120COR	0.05853	57.77778
		P300130COR	0.01170	3.47826
BOSQUE SIEMPRE-VERDE DE PIE DE MONTE	1	P100210COR	0.30573	344.38647
		P100220COR	0.05440	52.98551
		P100230COR	0.03597	31.61353
	2	P200210COR	0.01853	11.40097
		P200220COR	0.06573	66.12560
		P200230COR	0.02020	13.33333
	3	P300210COR	0.19107	211.43961
		P300220COR	0.02313	16.73430
		P300230COR	0.01570	8.11594
BOSQUE SIEMPRE-VERDE ANDINO MONTANO BAJO	1	P100310COR	0.06503	65.31401
		P100320COR	0.03327	28.48309
		P100330COR	0.01900	11.94203
	2	P200310COR	0.05023	48.15459
		P200320COR	0.01920	12.17391
		P200330COR	0.02950	24.11594
	3	P300310COR	0.05920	58.55072
		P300320COR	0.03523	30.76329
		P300330COR	0.02223	15.69082

Fuente: La investigación

Los mg de P fueron calculados de la siguiente manera.

$$\begin{aligned}
 & \left[\text{Concentración (ppm} \rightarrow \frac{\text{mg}}{\text{L}}) \right] \\
 & \rightarrow \frac{1,961352657 \text{ mg de P}}{\text{L de dilución}} \\
 & * 0,02\text{L (volumen en que fue disueta la muestra de suelo)} \\
 & \rightarrow \frac{0,03922705314 \text{ mg de P}}{2,5 \text{ g de muestra tomada}} * \frac{1000\text{g de muestra tomada}}{1 \text{ kg de muestra tomada}} \\
 & = 15,69082126 \frac{\text{mg de P}}{\text{kg de muestra}}
 \end{aligned}$$

Ecuación 11. mg de P por Kg de muestra

Anexo 32. Presencia de alófanos en el Bosque Siempre-Verde de Tierras Bajas (Muestra + agua + 20 cc NaF 1M)

Tabla 59. Presencia de alófanos en el Bosque Siempre-Verde de Tierras Bajas (Muestra + agua + 20 cc NaF 1M)

BOSQUE SIEMPRE-VERDE DE TIERRAS BAJAS						
No.	Cód.	Muestra+ Agua		Muestra + agua + 20 cc NaF 1M		Parcela
		Temp. °C	pH	Temp. °C	pH	
1	P1 10 COR	16.6	4.82	16.7	8.74	P1
2	P1 20 COR	16.8	5.03	17.0	9.21	
3	P1 30 COR	16.8	4.65	17.0	9.11	
4	P2 10 COR	16.8	5.11	17.0	8.81	P2
5	P2 20 COR	16.9	4.63	17.0	8.95	
6	P2 30 COR	17.1	4.62	17.0	8.88	
7	P3 10 COR	17.1	3.72	17.2	8.19	P3
8	P3 20 COR	16.9	4.05	16.9	8.70	
9	P3 30 COR	17.0	5.02	16.9	9.26	

Fuente: La investigación

Anexo 33. Presencia de alófanos en el Bosque Siempre-Verde de Tierras Bajas (Muestra + agua + 25 cc NaF 1M)

Tabla 60. Presencia de alófanos en el Bosque Siempre-Verde de Tierras Bajas (Muestra + agua + 25 cc NaF 1M)

BOSQUE SIEMPRE-VERDE DE TIERRAS BAJAS								
No.	Cód.	Muestra+ Agua			Muestra + agua + 25 cc NaF 1M			Parcela
		Temp. °C	pH	pH	Temp. °C	pH	pH	
1	P1 10 COR	16.4	4.82	4.82	16.7	9.00	9.14	P1
2	P1 20 COR	16.9	4.75	4.73	17.0	9.19	9.33	
3	P1 30 COR	17.1	4.62	4.79	17.5	9.29	9.44	
4	P2 10 COR	17.5	5.22	5.18	17.7	8.88	9.06	P2
5	P2 20 COR	17.2	5.17	5.15	17.2	9.31	9.46	
6	P2 30 COR	17.2	4.64	4.67	17.7	8.96	9.13	
7	P3 10 COR	17.4	4.75	4.72	17.7	8.67	8.82	P3
8	P3 20 COR	16.9	4.60	4.60	18.2	8.85	9.07	
9	P3 30 COR	17.1	5.17	5.25	17.5	9.63	9.64	

Fuente: La investigación

Anexo 34. Presencia de alófanos en el Bosque Siempre-Verde de Tierras Bajas (Muestra + agua + 25 cc NaF 0.5 M)

Tabla 61. Presencia de alófanos en el Bosque Siempre-Verde de Tierras Bajas (Muestra + agua + 25 cc NaF 0.5 M)

BOSQUE SIEMPRE-VERDE DE TIERRAS BAJAS									
No.	Cód.	Muestra+ Agua			Muestra + agua + 25 cc NaF 0.5 M				Parcela
		Temp. °C	pH	pH	Temp. °C	pH	pH	pH	
1	P1 10 COR	16.7	5.19	5.23	16.9	8.69	8.89	8.97	P1
2	P1 20 COR	16.8	4.89	4.84	16.7	8.83	9.00	9.00	
3	P1 30 COR	16.8	4.85	4.83	17.1	8.90	8.99	9.12	
4	P2 10 COR	16.5	5.26	5.19	17.2	8.46	8.66	8.76	P2
5	P2 20 COR	16.6	5.19	5.17	16.8	8.88	9.11	9.22	
6	P2 30 COR	16.2	4.74	4.75	17.1	8.41	8.71	8.82	
7	P3 10 COR	16.6	4.80	4.77	16.7	8.38	8.55	8.63	P3
8	P3 20 COR	16.8	4.65	4.70	17.0	8.52	8.71	8.82	
9	P3 30 COR	16.6	5.10	5.05	16.9	8.9	9.09	9.15	

Fuente: La investigación

Anexo 35. Presencia de alófanos en el Bosque Siempre-Verde de Pie de Monte (Muestra + agua + 20 cc NaF 1M)

Tabla 62. Presencia de alófanos en el Bosque Siempre-Verde de Pie de Monte (Muestra + agua + 20 cc NaF 1M)

BOSQUE SIEMPRE-VERDE DE PIE DE MONTE										
No.	Cód.	Muestra+ Agua				Muestra + agua + 20 cc NaF 1M				Parcela
		Temp. °C	pH	pH	pH	Temp. °C	pH	pH	pH	
1	P1 10 COR	17.3	4.98	5.03	6.03	17.3	11.12	11.34	11.35	P1
2	P1 20 COR	17.4	5.33	5.37	5.31	17.4	10.24	10.43	10.59	
3	P1 30 COR	17.5	5.47	5.38	5.41	17.5	10.29	10.86	10.89	
4	P2 10 COR	17.5	5.2	5.19	5.17	17.5	9.61	9.86	9.89	P2
5	P2 20 COR	17.11	5.66	5.55	5.54	17.11	10.75	10.03	11.15	
6	P2 30 COR	16.8	5.89	5.81	5.79	16.8	11.04	11.30	11.34	
7	P3 10 COR	17.7	4.91	4.87	4.87	17.7	9.17	9.57	9.65	P3
8	P3 20 COR	17.3	5.63	5.52	5.50	17.3	11.20	11.38	11.38	
9	P3 30 COR	17.3	6.43	6.11	6.14	17.3	11.17	11.37	11.43	

Fuente: La investigación

Anexo 36. Presencia de alófanos en el Bosque Siempre-Verde de Pie de Monte (Muestra + agua + 25 cc NaF 1M)

Tabla 63. Presencia de alófanos en el Bosque Siempre-Verde de Pie de Monte (Muestra + agua + 25 cc NaF 1M)

BOSQUE SIEMPRE-VERDE DE PIE DE MONTE										
No.	Cód.	Muestra+ Agua				Muestra + agua + 25 cc NaF 1M				Parcela
		Temp. °C	pH	pH	pH	Temp. °C	pH	pH	pH	
1	P1 10 COR	17.5	4.85	4.84	4.83	17.5	9.23	9.48	9.45	P1
2	P1 20 COR	17.3	5.11	5.16	5.47	17.3	10.09	10.44	10.59	
3	P1 30 COR	17.6	5.33	5.29	5.28	17.6	10.24	10.60	10.71	
4	P2 10 COR	17.4	5.10	5.13	5.11	17.4	9.35	9.69	9.83	P2
5	P2 20 COR	17.3	5.61	5.37	5.28	17.3	10.65	10.94	11.14	
6	P2 30 COR	16.6	5.38	5.38	5.38	16.6	11.13	11.53	1.35	
7	P3 10 COR	17.2	5.83	5.92	5.80	17.2	10.09	11.31	11.37	P3
8	P3 20 COR	17.2	6.93	6.74	6.66	17.2	11.28	11.44	11.46	
9	P3 30 COR	17.2	5.91	6.14	5.96	17.2	11.22	11.49	11.56	

Fuente: La investigación

Anexo 37. Presencia de alófanos en el Bosque Siempre-Verde de Pie de Monte (Muestra + agua + 25 cc NaF 0.5 M)

Tabla 64. Presencia de alófanos en el Bosque Siempre-Verde de Pie de Monte (Muestra + agua + 25 cc NaF 0.5 M)

BOSQUE SIEMPRE-VERDE DE PIE DE MONTE										
No.	Cód.	Muestra+ Agua				Muestra + agua + 25 cc NaF 0.5 M				Parcela
		Temp. °C	pH	pH	pH	Temp. °C	pH	pH	pH	
1	P1 10 COR	16.7	5.15	5.03	5.01	16.9	9.08	9.16	9.26	P1
2	P1 20 COR	16.8	5.19	5.13	5.12	16.7	9.68	9.91	10.01	
3	P1 30 COR	16.8	5.36	5.28	5.23	17.1	9.68	10.10	10.19	
4	P2 10 COR	16.5	5.15	5.11	5.08	17.2	9.17	9.40	9.46	P2
5	P2 20 COR	16.6	5.34	5.34	5.29	16.8	9.99	10.27	10.36	
6	P2 30 COR	16.2	5.55	5.42	5.40	17.1	9.92	10.39	10.52	
7	P3 10 COR	16.6	5.62	5.54	5.52	16.7	10.27	10.46	10.53	P3
8	P3 20 COR	16.8	5.82	5.70	5.65	17.0	10.12	10.65	10.65	
9	P3 30 COR	16.6	5.91	5.85	5.71	16.9	9.62	9.67	9.60	

Fuente: La investigación

Anexo 38. Presencia de alófanos en el Bosque Siempre-Verde Andino Montano Bajo (Muestra + agua + 20 cc NaF 1M)

Tabla 65. Presencia de alófanos en el Bosque Siempre-Verde Andino Montano Bajo (Muestra + agua + 20 cc NaF 1M)

BOSQUE SIEMPRE-VERDE ANDINO MONTANO BAJO										
No.	Cód.	Muestra+ Agua				Muestra + agua + 20 cc NaF 1M				Parcela
		Temp. °C	pH	pH	pH	Temp. °C	pH	pH	pH	
1	P1 10 COR	17.2	5.19	5.15	5.16	17.2	10.58	10.73	10.85	P1
2	P1 20 COR	17.2	5.42	5.48	5.42	17.2	11.01	11.73	11.80	
3	P1 30 COR	17.2	5.55	5.57	5.56	17.2	11.01	11.08	11.12	
4	P2 10 COR	17.2	5.01	4.99	4.99	17.2	10.21	10.21	10.27	P2
5	P2 20 COR	17.2	5.58	5.53	5.52	17.2	10.93	11.06	10.96	
6	P2 30 COR	18.1	5.68	5.62	5.61	18.1	11.14	11.19	11.09	
7	P3 10 COR	18.6	4.93	4.91	4.92	18.6	10.22	10.31	10.32	P3
8	P3 20 COR	18.4	5.23	5.23	5.23	18.4	10.96	11.00	10.97	
9	P3 30 COR	17.8	5.43	5.42	5.42	17.8	11.21	11.23	11.21	

Fuente: La investigación

Anexo 39. Presencia de alófanos en el Bosque Siempre-Verde Andino Montano Bajo (Muestra + agua + 25 cc NaF 1M)

Tabla 66. Presencia de alófanos en el Bosque Siempre-Verde Andino Montano Bajo (Muestra + agua + 25 cc NaF 1M)

BOSQUE SIEMPRE-VERDE ANDINO MONTANO BAJO										
No.	Cód.	Muestra+ Agua				Muestra + agua + 25 cc NaF 1M				Parcela
		Temp. °C	pH	pH	pH	Temp. °C	pH	pH	pH	
1	P1 10 COR	18.8	5.07	5.09	5.16	18.8	10.69	10.68	10.86	P1
2	P1 20 COR	18.6	5.48	5.47	5.38	18.6	10.84	11.03	11.05	
3	P1 30 COR	18.5	6.59	6.97	6.91	18.5	10.90	11.08	10.98	
4	P2 10 COR	18.5	5.45	5.19	5.24	18.5	10.18	10.41	10.42	P2
5	P2 20 COR	18.6	5.62	5.56	5.54	18.6	10.96	11.09	11.05	
6	P2 30 COR	18.3	5.60	5.55	5.48	18.3	11.01	11.08	11.06	
7	P3 10 COR	17.5	5.23	5.16	5.12	17.5	10.47	10.49	10.50	P3
8	P3 20 COR	18.6	5.47	5.47	5.44	18.6	11.16	11.17	11.15	
9	P3 30 COR	17.5	5.50	5.47	5.51	17.5	11.43	11.37	11.37	

Fuente: La investigación

Anexo 40. Presencia de alófanos en el Bosque Siempre-Verde Andino Montano Bajo (Muestra + agua + 25 cc NaF 0.5 M)

Tabla 67. Presencia de alófanos en el Bosque Siempre-Verde Andino Montano Bajo (Muestra + agua + 25 cc NaF 0.5 M)

BOSQUE SIEMPRE-VERDE ANDINO MONTANO BAJO										
No.	Cód.	Muestra+ Agua				Muestra + agua + 25 cc NaF 0.5 M				Parcela
		Temp. °C	pH	pH	pH	Temp. °C	pH	pH	pH	
1	P1 10 COR	17.6	5.29	5.29	5.27	17.6	9.95	9.97	9.98	P1
2	P1 20 COR	18.4	5.34	5.37	5.35	18.4	10.22	10.27	10.23	
3	P1 30 COR	17.3	5.47	5.49	5.49	17.3	10.49	10.45	10.47	
4	P2 10 COR	16.6	5.02	5.00	4.98	16.6	9.63	9.57	9.52	P2
5	P2 20 COR	17.9	5.50	5.49	5.50	17.9	10.42	10.26	10.17	
6	P2 30 COR	17.7	5.57	5.56	5.57	17.7	10.28	10.24	10.32	
7	P3 10 COR	17.4	5.04	5.02	4.99	17.4	9.65	9.61	9.57	P3
8	P3 20 COR	16.7	5.28	5.3	5.31	16.7	10.23	10.24	10.20	
9	P3 30 COR	18.0	5.46	5.47	5.48	18.0	10.59	10.60	10.55	

Fuente: La investigación

Anexo 41. Análisis estadístico de los parámetros de suelo analizados

Para obtener la información que se presenta a continuación; se utilizó un arreglo factorial de 3X3, prueba de Duncan con un valor α de 0.05.

Tabla 68. Reporte general de datos de parámetros de suelos (%MO, %Humedad, pH (agua) pH (KCl))

<i>Bosque</i>	<i>Repetición</i>	<i>Altura</i>	<i>Profundidad (cm)</i>	<i>% CO</i>	<i>% MO</i>	<i>% Humedad</i>	<i>pH (agua)</i>	<i>pH (KCl)</i>
1	1	386.0000	10.0000	6.1428	10.5656	39.2541	4.1660	3.1900
1	1	386.0000	20.0000	4.6071	7.9242	38.1474	4.1050	3.7670
1	1	386.0000	30.0000	2.1500	3.6980	38.9967	4.1690	3.8440
1	2	369.0000	10.0000	4.6071	7.9242	40.0629	4.4100	4.0910
1	2	369.0000	20.0000	3.9928	6.8677	39.9038	4.2500	4.0690
1	2	369.0000	30.0000	1.7814	3.0640	39.1105	3.6470	3.4080
1	3	395.0000	10.0000	5.5285	9.5091	43.6915	4.0270	3.5710
1	3	395.0000	20.0000	2.7643	4.7545	39.1519	3.8130	3.4280
1	3	395.0000	30.0000	1.5357	2.6414	37.8724	4.3120	3.9520
2	1	911.0000	10.0000	20.2713	34.8666	55.0432	3.8057	3.6003
2	1	911.0000	20.0000	7.9857	13.7353	47.0241	4.0047	3.8810
2	1	911.0000	30.0000	4.2385	7.2903	43.9052	4.1957	3.9640
2	2	1006.0000	10.0000	16.5856	28.5272	54.4097	3.9723	3.7622
2	2	1006.0000	20.0000	6.1428	10.5656	46.5097	4.1410	4.0750
2	2	1006.0000	30.0000	4.6685	8.0299	42.4784	4.2523	4.2860
2	3	1181.0000	10.0000	18.1213	31.1686	54.2225	4.2830	4.1560
2	3	1181.0000	20.0000	11.3642	19.5464	52.1620	4.4770	4.3960
2	3	1181.0000	30.0000	5.6514	9.7204	51.4300	4.3870	4.4853
3	1	1444.0000	10.0000	16.6488	28.6359	64.8405	4.5267	4.3767
3	1	1444.0000	20.0000	15.7876	27.1547	60.5588	4.7267	4.1633
3	1	1444.0000	30.0000	4.9946	8.5908	58.7697	4.9800	4.6600
3	2	1564.0000	10.0000	24.6861	42.4601	70.1393	4.6033	3.8367
3	2	1564.0000	20.0000	15.7876	27.1547	64.0312	5.1467	4.4300
3	2	1564.0000	30.0000	4.9946	8.5908	61.1613	5.1567	4.7500
3	3	1800.0000	10.0000	19.2322	33.0793	61.2350	4.3800	3.7533
3	3	1800.0000	20.0000	14.6394	25.1798	63.5929	4.8667	4.2767
3	3	1800.0000	30.0000	5.2817	9.0845	58.9225	4.9900	4.5600

Fuente: La investigación

Tabla 69 Reporte general de datos de parámetros de suelos (Conductividad, Ac. Inter. Al^+ H, %N, Fe ($C_2H_8N_2O_4$), Fe ($Na_4P_2O_7$), P).

Bosque	Repetición	Altura	Profundidad (cm)	Conductividad ($\mu s/cm$)	Ac. Inter. Al^+ H (meq/100g suelo)	% N	Fe (ppm) ($C_2H_8N_2O_4$)	Fe (ppm) ($Na_4P_2O_7$)	P (ppm)
1	1	386.0000	10.0000	608.0000	3.8000	0.1207	16.9167	8.1333	-0.4831
1	1	386.0000	20.0000	269.0000	4.3200	0.0064	5.6667	6.9000	0.7053
1	1	386.0000	30.0000	165.8000	3.6400	0.0032	21.2500	2.7000	-0.3913
1	2	369.0000	10.0000	497.0000	1.8200	1.6193	10.2500	11.1000	-0.8019
1	2	369.0000	20.0000	1262.0000	2.6200	0.7557	11.5833	5.6333	1.4638
1	2	369.0000	30.0000	938.0000	7.6200	0.0349	12.0833	11.3333	1.6184
1	3	395.0000	10.0000	384.0000	5.0800	2.0512	22.2500	17.6000	1.3865
1	3	395.0000	20.0000	367.0000	3.0600	1.0478	21.7500	9.2667	7.2222
1	3	395.0000	30.0000	236.0000	1.2800	0.0921	11.3333	2.8000	0.4348
2	1	911.0000	10.0000	250.3333	2.0000	0.2223	52.5833	33.8667	43.0483
2	1	911.0000	20.0000	207.3333	1.4200	0.5652	46.4167	29.5000	6.6232
2	1	911.0000	30.0000	109.7000	0.8400	0.0794	314.9167	26.4667	3.9517
2	2	1006.0000	10.0000	202.5667	1.2400	0.8319	208.3333	23.6000	1.4251
2	2	1006.0000	20.0000	120.1667	0.8000	1.0986	332.9167	34.3667	8.2657
2	2	1006.0000	30.0000	82.4333	0.6800	0.0730	406.5000	33.3667	1.6667
2	3	1181.0000	10.0000	120.7667	0.8000	0.1969	410.3333	41.1333	26.4300
2	3	1181.0000	20.0000	70.3000	0.4000	1.4161	244.4167	25.5667	2.0918
2	3	1181.0000	30.0000	47.8000	0.3200	0.0857	365.4167	23.6333	1.0145
3	1	1444.0000	10.0000	139.7000	1.5200	2.5973	485.4167	52.5000	8.1643
3	1	1444.0000	20.0000	63.6333	0.8800	1.7591	452.0833	47.6667	3.5604
3	1	1444.0000	30.0000	30.9333	0.4400	0.1619	508.3333	21.6333	1.4928
3	2	1564.0000	10.0000	74.9000	1.3600	1.9496	415.4167	61.5000	6.0193
3	2	1564.0000	20.0000	19.0067	0.8000	1.0224	555.0000	58.5333	1.5217
3	2	1564.0000	30.0000	21.0667	0.4000	0.1238	448.3333	37.3333	3.0145
3	3	1800.0000	10.0000	17.5333	0.6000	3.0291	380.9167	56.6000	7.3188
3	3	1800.0000	20.0000	44.4000	0.8400	1.6066	360.6667	42.3000	3.8454
3	3	1800.0000	30.0000	63.2000	0.7600	0.1810	414.4167	34.3333	1.9614

Fuente: La investigación

Análisis de Carbono Orgánico:

Tabla 70. Análisis de varianza % Carbono orgánico

<i>Variable</i>	<i>N</i>	<i>R²</i>	<i>R² Aj</i>	<i>CV</i>
% CO	27	0.95	0.92	20.83

Fuente: La investigación

Tabla 71. Resultados obtenidos de la prueba de Duncan % Carbono Orgánico

<i>F.V.</i>	<i>SC</i>	<i>gl</i>	<i>CM</i>	<i>F</i>	<i>p-valor</i>
Modelo	1130.33	10	113.03	30.35	<0.0001
Bosque	462.04	2	231.02	62.03	<0.0001
Profundidad	517.66	2	258.83	69.50	<0.0001
Repetición	0.10	2	0.05	0.01	0.9871
Bosque*Profundidad	150.54	4	37.63	10.11	0.0003
Error	59.59	16	3.72		
Total	1189.92	26			

Fuente: La investigación

Tabla 72. Resultados obtenidos de la prueba de Duncan % Carbono Orgánico en diferentes bosques

<i>Bosque</i>	<i>Medias</i>	<i>N</i>	<i>E.E.</i>		
3	13.56	9	0.64	A	
2	10.56	9	0.64		B
1	3.68	9	0.64		C

Nota: Los tipos de bosque están representados de la siguiente manera Bosque 1: BOSQUE SIEMPRE-VERDE DE TIERRAS BAJAS, Bosque 2: BOSQUE SIEMPRE-VERDE DE PIE DE MONTE y Bosque 3: BOSQUE SIEMPRE-VERDE ANDINO MONTANO BAJO.

Fuente: La investigación

Tabla 73. Resultados obtenidos de la prueba de Duncan % Carbono Orgánico a diferentes profundidades

<i>Profundidad</i>	<i>Medias</i>	<i>N</i>	<i>E.E.</i>		
1	14.65	9	0.64	A	
2	9.23	9	0.64		B
3	3.92	9	0.64		C

Nota: Los tipos de profundidades están representados de la siguiente manera Profundidad 1: 0 – 10 cm, profundidad 2: 10 – 20 cm y profundidad 3: 20 – 30 cm.

Fuente: La investigación

Análisis de Materia Orgánica:

Tabla 74. Análisis de varianza % Materia Orgánica

<i>Variable</i>	<i>N</i>	<i>R²</i>	<i>R² Aj</i>	<i>CV</i>
% MO	27	0.95	0.92	20.83

Fuente: La investigación

Tabla 75. Resultados obtenidos de la prueba de Duncan % Materia orgánica

<i>F.V.</i>	<i>SC</i>	<i>gl</i>	<i>CM</i>	<i>F</i>	<i>p-valor</i>
Modelo	3343.98	10.00	334.40	30.35	<0.0001
Bosque	1366.90	2.00	683.45	62.03	<0.0001
Profundidad	1531.43	2.00	765.72	69.50	<0.0001
Repetición	0.29	2.00	0.14	0.01	0.99
Bosque*Profundidad	445.35	4.00	111.34	10.11	0.00
Error	176.28	16.00	11.02		
Total	3520.25	26.00			

Fuente: La investigación

Tabla 76. Resultados obtenidos de la prueba de Duncan % Materia Orgánica en diferentes bosques

<i>Bosque</i>	<i>Medias</i>	<i>n</i>	<i>E.E.</i>		
3	23.33	9	1.11	A	
2	18.16	9	1.11		B
1	6.33	9	1.11		C

Nota: Los tipos de bosque están representados de la siguiente manera Bosque 1: BOSQUE SIEMPRE-VERDE DE TIERRAS BAJAS, Bosque 2: BOSQUE SIEMPRE-VERDE DE PIE DE MONTE y Bosque 3: BOSQUE SIEMPRE-VERDE ANDINO MONTANO BAJO.

Fuente: La investigación

Tabla 77. Resultados obtenidos de la prueba de Duncan % Materia Orgánica a diferentes profundidades

<i>Profundidad</i>	<i>Medias</i>	<i>n</i>	<i>E.E.</i>		
1	25.19	9	1.11	A	
2	15.88	9	1.11		B
3	6.75	9	1.11		C

Nota: Los tipos de profundidades están representados de la siguiente manera Profundidad 1: 0 – 10 cm, profundidad 2: 10 – 20 cm y profundidad 3: 20 – 30 cm.

Fuente: La investigación

Análisis de humedad:

Tabla 78. Análisis de varianza % Humedad

<i>Variable</i>	<i>N</i>	<i>R²</i>	<i>R² Aj</i>	<i>CV</i>
% Humedad	27	0.96	0.93	5.32

Fuente: La investigación

Tabla 79. Resultados obtenidos de la prueba de Duncan % Humedad

<i>F.V.</i>	<i>SC</i>	<i>Gl</i>	<i>CM</i>	<i>F</i>	<i>p-valor</i>
Modelo	2585.01	10	258.50	35.63	<0.0001
Bosque	2393.52	2	1196.76	164.97	<0.0001
Profundidad	143.61	2	71.80	9.90	0.0016
Repetición	14.62	2	7.31	1.01	0.3871
Bosque*Profundidad	33.26	4	8.31	1.15	0.3706
Error	116.07	16	7.25		
Total	2701.07	26			

Fuente: La investigación

Tabla 80. Resultados obtenidos de la prueba de Duncan % Humedad en diferentes bosques

<i>Bosque</i>	<i>Medias</i>	<i>n</i>	<i>E.E.</i>		
3	62.58	9	0.9	A	
2	49.69	9	0.9		B
1	39.58	9	0.9		C

Nota: Los tipos de bosque están representados de la siguiente manera Bosque 1: BOSQUE SIEMPRE-VERDE DE TIERRAS BAJAS, Bosque 2: BOSQUE SIEMPRE-VERDE DE PIE DE MONTE y Bosque 3: BOSQUE SIEMPRE-VERDE ANDINO MONTANO BAJO.

Fuente: La investigación

Tabla 81. Resultados obtenidos de la prueba de Duncan % Humedad a diferentes profundidades

<i>Profundidad</i>	<i>Medias</i>	<i>n</i>	<i>E.E.</i>		
1	53.66	9	0.9	A	
2	50.12	9	0.9		B
3	48.07	9	0.9		B

Nota: Los tipos de profundidades están representados de la siguiente manera Profundidad 1: 0 – 10 cm, profundidad 2: 10 – 20 cm y profundidad 3: 20 – 30 cm.

Fuente: La investigación

Análisis de pH en agua

Tabla 82. Análisis de varianza de pH en agua

<i>Variable</i>	<i>N</i>	<i>R²</i>	<i>R² Aj</i>	<i>CV</i>
pH(agua)	27	0.82	0.71	4.98

Fuente: La investigación

Tabla 83. Resultados obtenidos de la prueba de Duncan pH en agua

<i>F.V.</i>	<i>SC</i>	<i>gl</i>	<i>CM</i>	<i>F</i>	<i>p-valor</i>
Modelo	3.52	10	0.35	7.48	0.0002
Bosque	2.84	2	1.42	30.13	<0.0001
Profundidad	0.22	2	0.11	2.29	0.1336
Repetición	0.06	2	0.03	0.61	0.5569
Bosque*Profundidad	0.41	4	0.10	2.19	0.1167
Error	0.75	16	0.05		
Total	4.28	26			

Fuente: La investigación

Tabla 84. Resultados obtenidos de la prueba de Duncan pH agua en diferentes bosques

<i>Bosque</i>	<i>Medias</i>	<i>n</i>	<i>E.E.</i>	
3	4.82	9	0.07	A
2	4.17	9	0.07	B
1	4.1	9	0.07	B

Nota: Los tipos de bosque están representados de la siguiente manera Bosque 1: BOSQUE SIEMPRE-VERDE DE TIERRAS BAJAS, Bosque 2: BOSQUE SIEMPRE-VERDE DE PIE DE MONTE y Bosque 3: BOSQUE SIEMPRE-VERDE ANDINO MONTANO BAJO.

Fuente: La investigación

Tabla 85. Resultados obtenidos de la prueba de Duncan pH en agua a diferentes profundidades

<i>Profundidad</i>	<i>Medias</i>	<i>N</i>	<i>E.E.</i>	
3	4.45	9	0.07	A
2	4.39	9	0.07	A
1	4.24	9	0.07	A

Nota: Los tipos de profundidades están representados de la siguiente manera Profundidad 1: 0 – 10 cm, profundidad 2: 10 – 20 cm y profundidad 3: 20 – 30 cm.

Fuente: La investigación

Análisis de pH en KCl

Tabla 86. Análisis de varianza de pH en KCl

<i>Variable</i>	<i>N</i>	<i>R²</i>	<i>R² Aj</i>	<i>CV</i>
pH(KCl)	27	0.66	0.46	7.33

Fuente: La investigación

Tabla 87. Resultados obtenidos de la prueba de Duncan pH en KCl

<i>F.V.</i>	<i>SC</i>	<i>Gl</i>	<i>CM</i>	<i>F</i>	<i>p-valor</i>
Modelo	2.76	10	0.28	3.17	0.0195
Bosque	1.69	2	0.85	9.73	0.0017
Profundidad	0.72	2	0.36	4.13	0.0359
Repetición	0.11	2	0.05	0.61	0.5533
Bosque*Profundidad	0.24	4	0.06	0.7	0.604
Error	1.39	16	0.09		
Total	4.16	26			

Fuente: La investigación

Tabla 88. Resultados obtenidos de la prueba de Duncan pH KCl en diferentes bosques

<i>Bosque</i>	<i>Medias</i>	<i>n</i>	<i>E.E.</i>	
3	4.31	9	0.1	A
2	4.07	9	0.1	A
1	3.7	9	0.1	B

Nota: Los tipos de bosque están representados de la siguiente manera Bosque 1: BOSQUE SIEMPRE-VERDE DE TIERRAS BAJAS, Bosque 2: BOSQUE SIEMPRE-VERDE DE PIE DE MONTE y Bosque 3: BOSQUE SIEMPRE-VERDE ANDINO MONTANO BAJO.

Fuente: La investigación

Tabla 89. Resultados obtenidos de la prueba de Duncan pH en KCl a diferentes profundidades

<i>Profundidad</i>	<i>Medias</i>	<i>n</i>	<i>E.E.</i>	
3	4.21	9	0.1	A
2	4.05	9	0.1	A
1	3.82	9	0.1	B

Nota: Los tipos de profundidades están representados de la siguiente manera Profundidad 1: 0 – 10 cm, profundidad 2: 10 – 20 cm y profundidad 3: 20 – 30 cm.

Fuente: La investigación

Análisis de conductividad

Tabla 90. Análisis de varianza de conductividad

<i>Variable</i>	<i>N</i>	<i>R²</i>	<i>R² Aj</i>	<i>CV</i>
Conductividad(agua)	27	0.64	0.41	94.76

Fuente: La investigación

Tabla 91. Resultados obtenidos de la prueba de Duncan conductividad

<i>F.V.</i>	<i>SC</i>	<i>gl</i>	<i>CM</i>	<i>F</i>	<i>p-valor</i>
Modelo	1432381.65	10	143238.16	2.83	0.0311
Bosque	1147569.56	2	573784.78	11.33	0.0009
Profundidad	33558.61	2	16779.3	0.33	0.7228
Repetición	207788.09	2	103894.05	2.05	0.1611
Bosque*Profundidad	43465.39	4	10866.35	0.21	0.9265
Error	810445.69	16	50652.86		
Total	2242827.34	26			

Fuente: La investigación

Tabla 92. Resultados obtenidos de la prueba de Duncan conductividad en diferentes bosques

<i>Bosque</i>	<i>Medias</i>	<i>n</i>	<i>E.E.</i>	
1	525.2	9	75.02	A
2	134.6	9	75.02	B
3	52.71	9	75.02	B

Nota: Los tipos de bosque están representados de la siguiente manera Bosque 1: BOSQUE SIEMPRE-VERDE DE TIERRAS BAJAS, Bosque 2: BOSQUE SIEMPRE-VERDE DE PIE DE MONTE y Bosque 3: BOSQUE SIEMPRE-VERDE ANDINO MONTANO BAJO.

Fuente: La investigación

Tabla 93. Resultados obtenidos de la prueba de Duncan conductividad a diferentes profundidades

<i>Profundidad</i>	<i>Medias</i>	<i>N</i>	<i>E.E.</i>	
2	269.2	9	75.02	A
1	254.98	9	75.02	A
3	188.33	9	75.02	A

Nota: Los tipos de profundidades están representados de la siguiente manera Profundidad 1: 0 – 10 cm, profundidad 2: 10 – 20 cm y profundidad 3: 20 – 30 cm.

Fuente: La investigación

Análisis de Acidez Intercambiable $Al^+ H$

Tabla 94. Análisis de varianza de Acidez intercambiable $Al^+ H$

<i>Variable</i>	<i>N</i>	<i>R²</i>	<i>R² Aj</i>	<i>CV</i>
Acidez intercambiable	27	0.65	0.43	71.75

Fuente: La investigación

Tabla 95. Resultados obtenidos de la prueba de Duncan Acidez Intercambiable $Al^+ H$

<i>F.V.</i>	<i>SC</i>	<i>Gl</i>	<i>CM</i>	<i>F</i>	<i>p-valor</i>
Modelo	51.56	10	5.16	3	0.0246
Bosque	47.05	2	23.52	13.68	0.0003
Profundidad	0.56	2	0.28	0.16	0.8503
Repetición	1.95	2	0.98	0.57	0.5781
Bosque*Profundidad	2	4	0.5	0.29	0.8794
Error	27.51	16	1.72		
Total	79.07	26			

Fuente: La investigación

Tabla 96. Resultados obtenidos de la prueba de Duncan Acidez Intercambiable $Al^+ H$ en diferentes bosques

<i>Bosque</i>	<i>Medias</i>	<i>N</i>	<i>E.E.</i>	
1	3.69	9	0.44	A
2	0.94	9	0.44	B
3	0.84	9	0.44	B

Nota: Los tipos de bosque están representados de la siguiente manera Bosque 1: BOSQUE SIEMPRE-VERDE DE TIERRAS BAJAS, Bosque 2: BOSQUE SIEMPRE-VERDE DE PIE DE MONTE y Bosque 3: BOSQUE SIEMPRE-VERDE ANDINO MONTANO BAJO.

Fuente: La investigación

Tabla 97. Resultados obtenidos de la prueba de Duncan Acidez Intercambiable $Al^+ H$ a diferentes profundidades

<i>Profundidad</i>	<i>Medias</i>	<i>N</i>	<i>E.E.</i>	
1	2.02	9	0.44	A
3	1.78	9	0.44	A
2	1.68	9	0.44	A

Nota: Los tipos de profundidades están representados de la siguiente manera Profundidad 1: 0 – 10 cm, profundidad 2: 10 – 20 cm y profundidad 3: 20 – 30 cm.

Fuente: La investigación

Análisis de Nitrógeno Total

Tabla 98. Análisis de varianza % Nitrógeno total

<i>Variable</i>	<i>N</i>	<i>R²</i>	<i>R² Aj</i>	<i>CV</i>
% Nitrógeno	27	0.84	0.74	52.96

Fuente: La investigación

Tabla 99. Resultados obtenidos de la prueba de Duncan % Nitrógeno

<i>F.V.</i>	<i>SC</i>	<i>Gl</i>	<i>CM</i>	<i>F</i>	<i>p-valor</i>
Modelo	17.05	10	1.71	8.58	0.0001
Bosque	4	2	2	10.06	0.0015
Profundidad	8.2	2	4.1	20.61	<0.0001
Repetición	0.98	2	0.49	2.46	0.1174
Bosque*Profundidad	3.88	4	0.97	4.88	0.0092
Error	3.18	16	0.2		
Total	20.23	26			

Fuente: La investigación

Tabla 100. Resultados obtenidos de la prueba de Duncan % Nitrógeno en diferentes bosques

<i>Bosque</i>	<i>Medias</i>	<i>n</i>	<i>E.E.</i>		
3	1.38	9	0.15	A	
1	0.64	9	0.15		B
2	0.51	9	0.15		B

Nota: Los tipos de bosque están representados de la siguiente manera Bosque 1: BOSQUE SIEMPRE-VERDE DE TIERRAS BAJAS, Bosque 2: BOSQUE SIEMPRE-VERDE DE PIE DE MONTE y Bosque 3: BOSQUE SIEMPRE-VERDE ANDINO MONTANO BAJO.

Fuente: La investigación

Tabla 101. Resultados obtenidos de la prueba de Duncan % Nitrógeno a diferentes profundidades

<i>Profundidad</i>	<i>Medias</i>	<i>n</i>	<i>E.E.</i>		
1	1.4	9	0.15	A	
2	1.03	9	0.15	A	
3	0.09	9	0.15		B

Nota: Los tipos de profundidades están representados de la siguiente manera Profundidad 1: 0 – 10 cm, profundidad 2: 10 – 20 cm y profundidad 3: 20 – 30 cm.

Fuente: La investigación

Análisis de Fe en Oxalato ácido de Amonio

Tabla 102. Análisis de varianza Fe en Oxalato ácido de Amonio

<i>Variable</i>	<i>N</i>	<i>R²</i>	<i>R² Aj</i>	<i>CV</i>
Fe	27	0.88	0.8	36.77

Fuente: La investigación

Tabla 103. Resultados obtenidos de la prueba de Duncan Fe en Oxalato ácido de Amonio

<i>F.V.</i>	<i>SC</i>	<i>Gl</i>	<i>CM</i>	<i>F</i>	<i>p-valor</i>
Modelo	905660.29	10	90566.03	11.43	<0.0001
Bosque	846482.75	2	423241.38	53.41	<0.0001
Repetición	14181.69	2	7090.84	0.89	0.4281
Profundidad	17548.82	2	8774.41	1.11	0.3545
Bosque*Profundidad	27447.04	4	6861.76	0.87	0.5054
Error	126779.5	16	7923.72		
Total	1032439.79	26			

Fuente: La investigación

Tabla 104. Resultados obtenidos de la prueba de Duncan Fe en Oxalato de Amonio en diferentes bosques

<i>Bosque</i>	<i>Medias</i>	<i>n</i>	<i>E.E.</i>		
3	446.73	9	29.67	A	
2	264.65	9	29.67		B
1	14.79	9	29.67		C

Nota: Los tipos de bosque están representados de la siguiente manera Bosque 1: BOSQUE SIEMPRE-VERDE DE TIERRAS BAJAS, Bosque 2: BOSQUE SIEMPRE-VERDE DE PIE DE MONTE y Bosque 3: BOSQUE SIEMPRE-VERDE ANDINO MONTANO BAJO.

Fuente: La investigación

Tabla 105. Resultados obtenidos de la prueba de Duncan Fe en Oxalato de Amonio a diferentes profundidades

<i>Profundidad</i>	<i>Medias</i>	<i>N</i>	<i>E.E.</i>	
3	278.06	9	29.67	A
2	225.61	9	29.67	A
1	222.49	9	29.67	A

Nota: Los tipos de profundidades están representados de la siguiente manera Profundidad 1: 0 – 10 cm, profundidad 2: 10 – 20 cm y profundidad 3: 20 – 30 cm.

Fuente: La investigación

Análisis de Fe en Pirofosfato de sodio

Tabla 106. Análisis de varianza de Fe en Pirofosfato de Sodio

<i>Variable</i>	<i>N</i>	<i>R²</i>	<i>R² Aj</i>	<i>CV</i>
Fe	27	0.93	0.89	20.63

Fuente: La investigación

Tabla 107. Resultados obtenidos de la prueba de Duncan Fe en Pirofosfato de Sodio

<i>F.V.</i>	<i>SC</i>	<i>Gl</i>	<i>CM</i>	<i>F</i>	<i>p-valor</i>
Modelo	7655.79	10	765.58	22.75	<0.0001
Bosque	6363.18	2	3181.59	94.53	<0.0001
Repetición	124.82	2	62.41	1.85	0.1887
Profundidad	709.58	2	354.79	10.54	0.0012
Bosque*Profundidad	458.21	4	114.55	3.4	0.034
Error	538.53	16	33.66		
Total	8194.31	26			

Fuente: La investigación

Tabla 108. Resultados obtenidos de la prueba de Duncan Fe Pirofosfato de Sodio en diferentes bosques

<i>Bosque</i>	<i>Medias</i>	<i>n</i>	<i>E.E.</i>		
3	45.82	9	1.93	A	
2	30.17	9	1.93		B
1	8.39	9	1.93		C

Nota: Los tipos de bosque están representados de la siguiente manera Bosque 1: BOSQUE SIEMPRE-VERDE DE TIERRAS BAJAS, Bosque 2: BOSQUE SIEMPRE-VERDE DE PIE DE MONTE y Bosque 3: BOSQUE SIEMPRE-VERDE ANDINO MONTANO BAJO.

Fuente: La investigación

Tabla 109. Resultados obtenidos de la prueba de Duncan Fe en Fosfato de Sodio a diferentes profundidades

<i>Profundidad</i>	<i>Medias</i>	<i>n</i>	<i>E.E.</i>		
1	34	9	1.93	A	
2	28.86	9	1.93	A	
3	21.51	9	1.93		B

Nota: Los tipos de profundidades están representados de la siguiente manera Profundidad 1: 0 – 10 cm, profundidad 2: 10 – 20 cm y profundidad 3: 20 – 30 cm.

Fuente: La investigación

Análisis de Fósforo

Tabla 110. Análisis de varianza de Fósforo

<i>Variable</i>	<i>N</i>	<i>R²</i>	<i>R² Aj</i>	<i>CV</i>
Fósforo	27	0.62	0.38	136.98

Fuente: La investigación

Tabla 111. Resultados obtenidos de la prueba de Duncan Fósforo

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1361.83	10	136.18	2.6	0.0427
Bosque	404.89	2	202.44	3.87	0.0426
Repetición	103.16	2	51.58	0.99	0.3946
Profundidad	360.69	2	180.34	3.45	0.0569
Bosque*Profundidad	493.1	4	123.28	2.36	0.0975
Error	837.01	16	52.31		
Total	2198.85	26			

Fuente: La investigación

Tabla 112. Resultados obtenidos de la prueba de Duncan Fósforo en diferentes bosques

<i>Bosque</i>	<i>Medias</i>	<i>n</i>	<i>E.E.</i>		
2	10.5	9	2.41	A	
3	4.1	9	2.41	A	B
1	1.24	9	2.41		B

Nota: Los tipos de bosque están representados de la siguiente manera Bosque 1: BOSQUE SIEMPRE-VERDE DE TIERRAS BAJAS, Bosque 2: BOSQUE SIEMPRE-VERDE DE PIE DE MONTE y Bosque 3: BOSQUE SIEMPRE-VERDE ANDINO MONTANO BAJO.

Fuente: La investigación

Tabla 113. Resultados obtenidos de la prueba de Duncan Fósforo a diferentes profundidades

<i>Profundidad</i>	<i>Medias</i>	<i>n</i>	<i>E.E.</i>		
1	10.28	9	2.41	A	
2	3.92	9	2.41	A	B
3	1.64	9	2.41		B

Nota: Los tipos de profundidades están representados de la siguiente manera Profundidad 1: 0 – 10 cm, profundidad 2: 10 – 20 cm y profundidad 3: 20 – 30 cm.

Fuente: La investigación

Correlación de Carbono orgánico con otros parámetros analizados

Tabla 114. Determinación del coeficiente de correlación lineal del % CO respecto a los otros parámetros cuantitativos analizados

<i>Coeficiente correlación del % Carbono Orgánico Vs los diferentes parámetros cuantitativos analizados</i>									
<i>% Materia Orgánica</i>	<i>% Humedad</i>	<i>pH (agua)</i>	<i>pH (KCl)</i>	<i>Conductividad (μs/cm)</i>	<i>Acidez Intercambiable Al⁺ H (meq/100g suelo)</i>	<i>% N</i>	<i>Fe (ppm) (C₂H₈N₂O₄)</i>	<i>Fe (ppm) (Na₄P₂O₇)</i>	<i>P (ppm)</i>
1.0000	0.7727	0.1943	0.0295	-0.3793	-0.3677	0.5471	0.4618	0.7963	0.5189

Fuente: La investigación

Gráficos de correlación

Tabla 115. Datos para los gráficos de correlación, % CO vs %MO, %Humedad, pH (agua), pH (KCl).

<i>Bosque</i>	<i>Profundidad</i>	<i>% C O</i>	<i>% M O</i>	<i>% Humedad</i>	<i>pH (agua)</i>	<i>pH (KCl)</i>
1	10	16.2785	27.9990	123.0085	12.6030	10.8520
1	20	11.3642	19.5464	117.2031	12.1680	11.2640
1	30	5.4671	9.4034	115.9797	12.1280	11.2040
2	10	54.9782	94.5625	163.6754	12.0610	11.5186
2	20	25.4927	43.8474	145.6958	12.6227	12.3520
2	30	14.5585	25.0406	137.8137	12.8350	12.7353
3	10	60.5670	104.1753	196.2149	13.5100	11.9667
3	20	46.2146	79.4892	188.1829	14.7400	12.8700
3	30	15.2709	26.2660	178.8535	15.1267	13.9700

Fuente: La investigación

Tabla 116. Datos para los gráficos de correlación, % CO vs Conductividad, %N, Ac. Intercambiable, Fe (C₂H₈N₂O₄), Fe (Na₄P₂O₇), P.

Bosque	Profundidad	% C O	Conductividad (μ s/cm)	% N	Acidez intercambiable Al+ H (meq/100g suelo)	Fe (ppm) (C ₂ H ₈ N ₂ O ₄)	Fe (ppm) (Na ₄ P ₂ O ₇)	P (ppm)
1	10	16.2785	1489.0000	3.7912	49.4167	49.4167	36.8333	0.1014
1	20	11.3642	1898.0000	1.8099	39.0000	39.0000	21.8000	9.3913
1	30	5.4671	1339.8000	0.1302	44.6667	44.6667	16.8333	1.6618
2	10	54.9782	573.6667	1.2510	671.2500	671.2500	98.6000	70.9034
2	20	25.4927	397.8000	3.0799	623.7500	623.7500	89.4333	16.9807
2	30	14.5585	239.9333	0.2381	1086.8333	1086.8333	83.4667	6.6329
3	10	60.5670	232.1333	7.5760	1281.7500	1281.7500	170.6000	21.5024
3	20	46.2146	127.0400	4.3881	1367.7500	1367.7500	148.5000	8.9275
3	30	15.2709	115.2000	0.4668	1371.0833	1371.0833	93.3000	6.4686

Fuente: La investigación

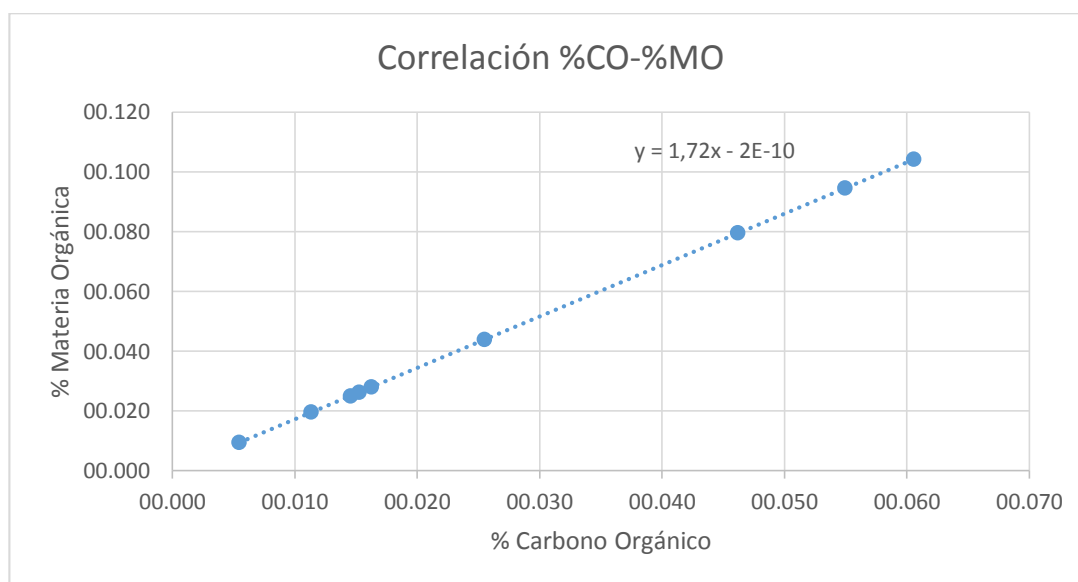


Figura 44. Gráfico correlación % CO vs %MO

Fuente: La investigación

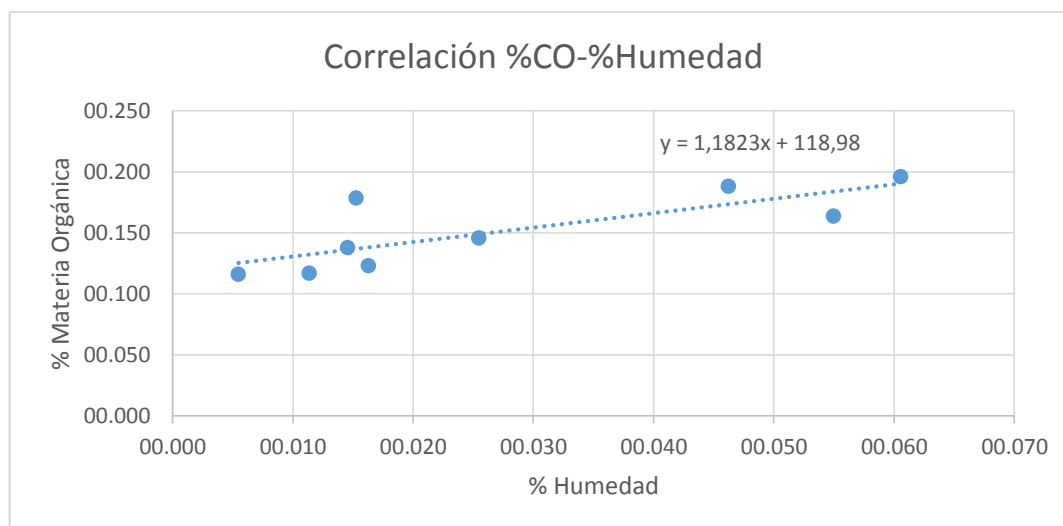


Figura 45. Gráfico correlación % CO vs %Humedad.
Fuente: La investigación

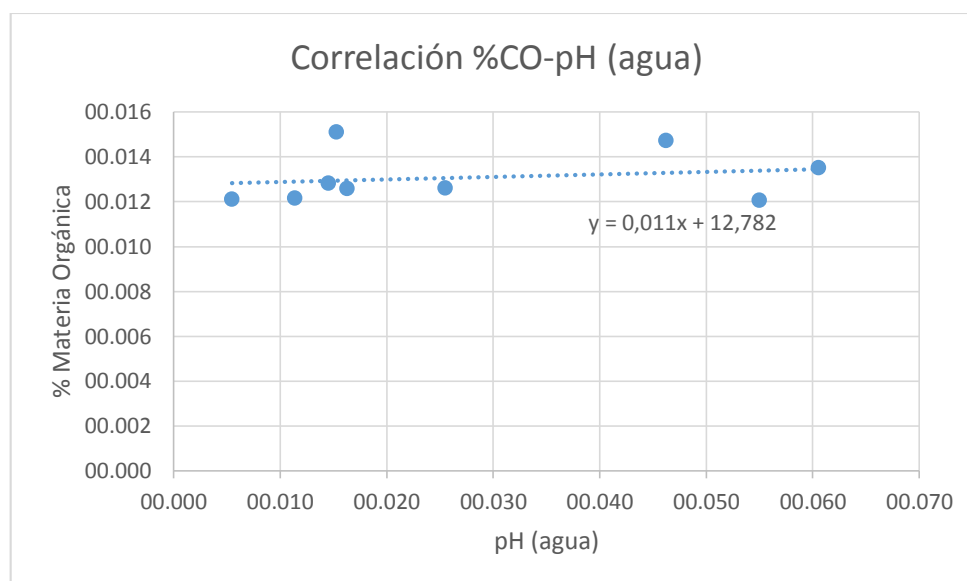


Figura 46. Gráfico correlación % CO vs pH (agua)
Fuente: La investigación

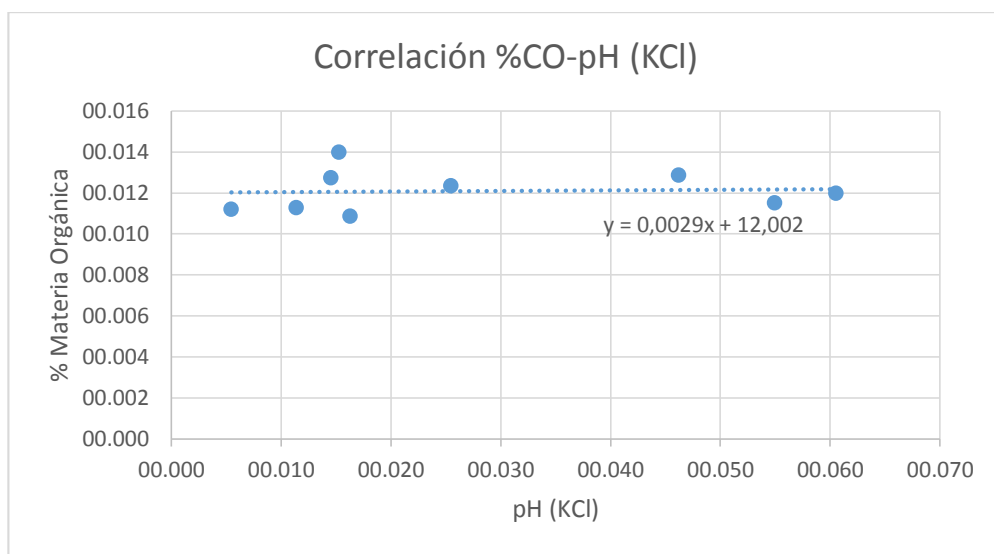


Figura 47. Gráfico correlación % CO vs pH (KCl).

Fuente: La investigación

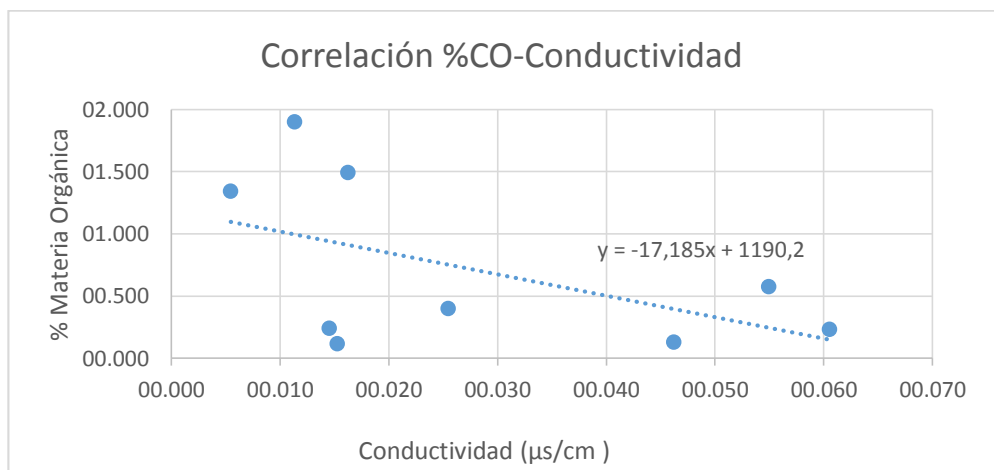


Figura 48. Gráfico correlación % CO vs Conductividad

Fuente: La investigación

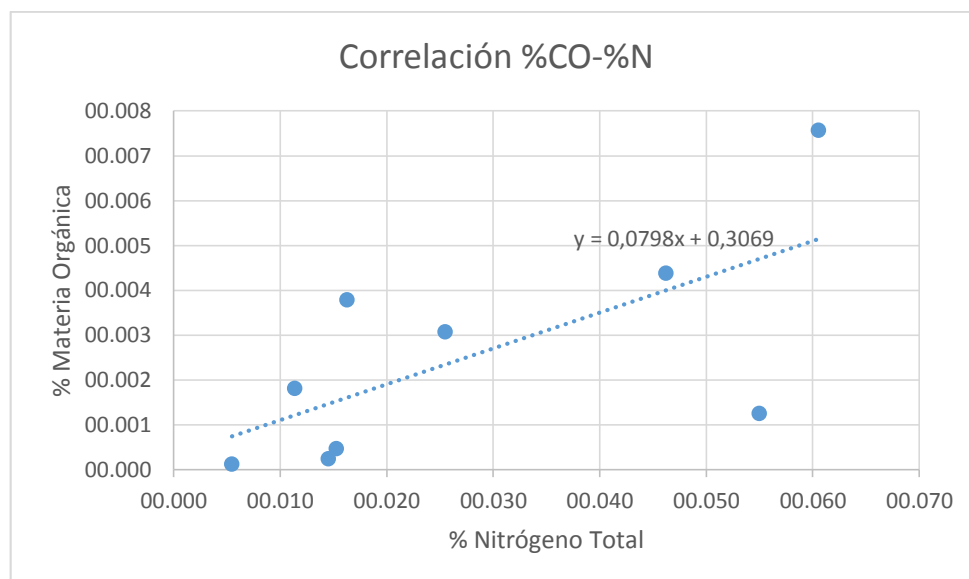


Figura 49. Gráfico correlación % CO vs % N
Fuente: La investigación

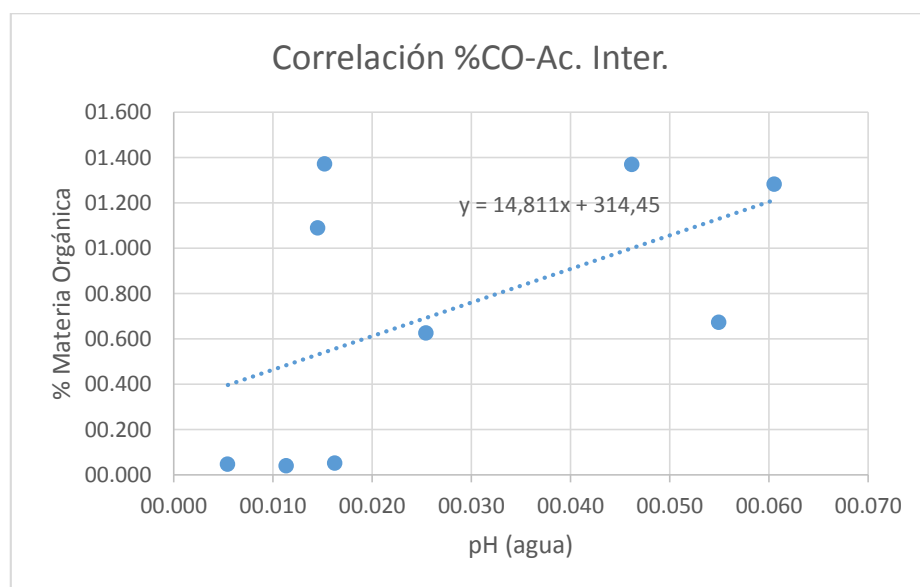


Figura 50. Gráfico correlación % CO vs Ac. Intercambiable
Fuente: La investigación

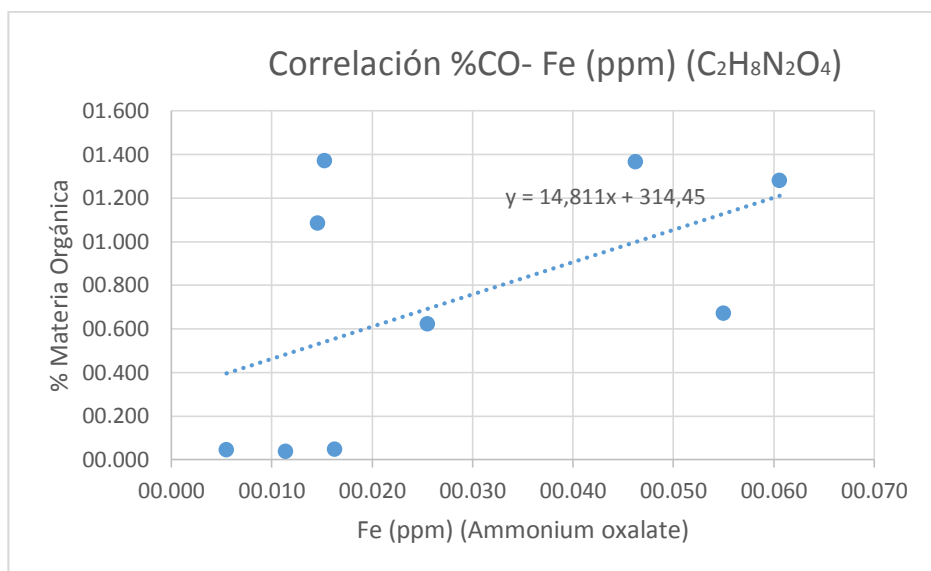


Figura 51. Gráfico correlación % CO vs Fe ($C_2H_8N_2O_4$)

Fuente: La investigación

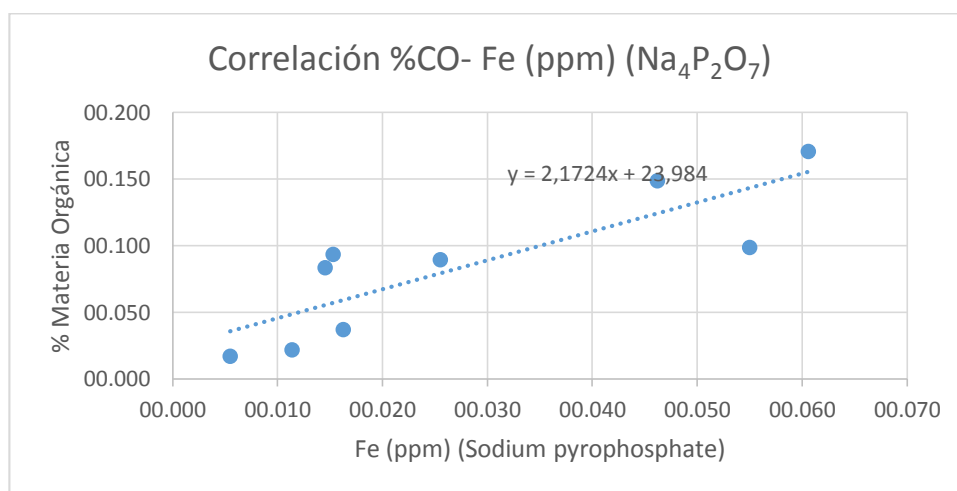


Figura 52. Gráfico correlación % CO vs Fe ($Na_4P_2O_7$)

Fuente: La investigación

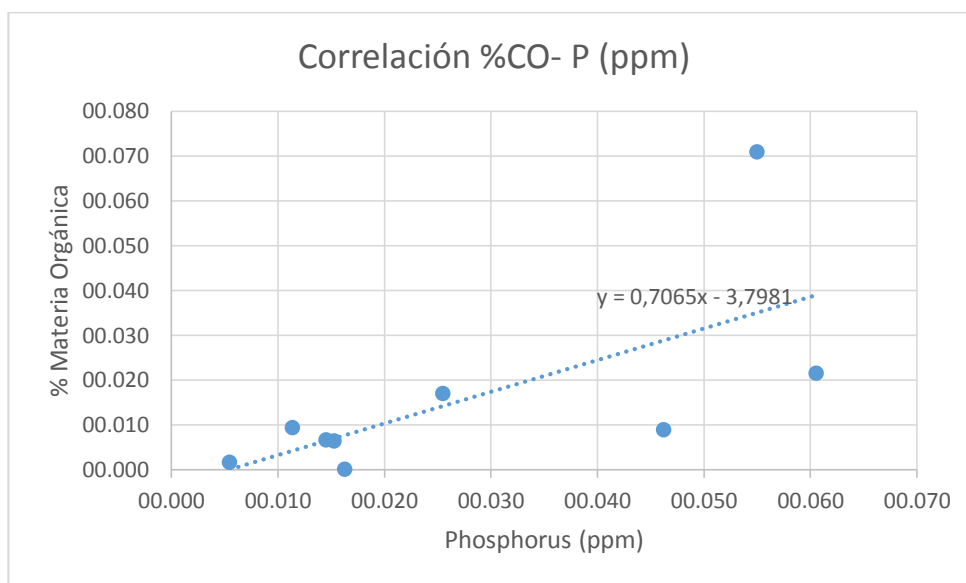


Figura 53. Gráfico correlación % CO vs P
Fuente: La investigación

Anexo 42. Registro fotográfico



Ilustración 2: Muestras trituradas y secadas.

Autor: Morales J., Serrano V., 2018



Ilustración 1: Pesaje de muestras para determinación de humedad.

Autor: Morales J., Serrano V., 2018



Ilustración 4: Etiquetado de muestras

Autor: Morales J., Serrano V., 2018



Ilustración 3: Muestras trituradas y preparadas para análisis de pH en KCl y Agua destilada

Autor: Morales J., Serrano V., 2018



Ilustración 5: Medición de textura de suelo

Autor: Morales J., Serrano V., 2018



Ilustración 6: Medición de pH

Autor: Morales J., Serrano V., 2018



Ilustración 7: Determinación de materia orgánica

Autor: Morales J., Serrano V., 2018



Ilustración 8: Medición de textura del suelo

Autor: Morales J., Serrano V., 2018



Ilustración 9: Muestras para la determinación de alófanos en el suelo

Autor: Morales J., Serrano V., 2018



Ilustración 10: Determinación de alófanos en el suelo

Autor: Morales J., Serrano V., 2018